

DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVI.

I. Ueber das abgekürzte Barometer;

von Hermann Kopp,

Privatdozenten der Physik und Chemic zu Gießen.

Ich habe in dem XL. Bande dieser AnnaLEN die Construction eines abgekürzten Barometers angegeben, welche mir namentlich bei Höhenmessungen vortheilhafte Anwendung zu gestatten schien. Das Instrument, wie ich es am angeführten Ort beschrieben habe, ist nicht unbeachtet geblieben¹⁾), und wurde mehrfach ausgeführt; doch ist mir nichts darüber bekannt, daß es ausgedehntere praktische Anwendung gefunden, und wie es sich dabei als brauchbar bewährt habe. — Ich selbst habe indefs vielfache Erfahrungen über solche abgekürzte Barometer gemacht, und will die Resultate davon hier mittheilen; nämlich hinsichtlich der Construction, welche man zu wählen hat, um ein vollkommen zuverlässiges Instrument zu erhalten, und hinsichtlich der Genauigkeit in den Angaben, die damit erzielt werden kann.

Die Lösung der Aufgabe, ein kleines, leicht transportables Instrument zu construiren, was mit genügender Zuverlässigkeit den Luftdruck angibt, scheint mir nicht ohne Wichtigkeit zu seyn; wenngleich fast Alle, die sich praktisch mit Höhenmessungen beschäftigen, den transportablen Barometern von gewöhnlicher Länge und Construction unbedingt und von vorn herein den Vorzug vor jeder andern Vorrichtung geben, die den Luftdruck anzeigen soll. Man hält im Allgemeinen jede andre solche Vorrichtung für nutzlos, und es wurden auch fast alle

1) Leonhard's *Agenda geognostica*; Forbes im *Report of the tenth Meeting of the British association*; u. a. m. a. O.

dahin gehörigen Vorschläge (deren schon so viele gemacht sind) von niemand ausgeführt, als nur von den Erfindern, und selbst von diesen nur wenig angewandt.

Die Ursache hiervon ist sehr leicht einzusehen. Einmal sind Reisebarometer von gewöhnlicher Länge für den, welcher einige Uebung in ihrer Behandlung hat, gar nicht in dem Grade so schwierig zu transportiren und auch nicht so zerbrechlich, als man vielfach glaubt. Sodann waren die andern, statt der Barometer vorgeschlagenen Vorrichtungen, wenn auch von kleinerem Volum, doch Beschädigungen auf dem Transport eben so leicht und noch leichter ausgesetzt; die Genauigkeit ihrer Angaben blieb aber stets hinter der eines gewöhnlichen Reisebarometers zurück und der Luftdruck musste bei den meisten aus den unmittelbaren Beobachtungen erst noch durch Anwendung mühsamer Correctionen abgeleitet werden; das einzige, worin fast alle diese Vorrichtungen das gewöhnliche Reisebarometer übertrafen, war die Lastbarkeit. — Mit Recht also wendeten die Praktiker nur die gewöhnlichen Reisebarometer an, und verworfen die Surrogate, da die letzteren in keiner Beziehung einen Vortheil, in mehrfacher Beziehung aber Nachtheile boten.

Die Genauigkeit der Angaben eines Instruments, von der Art wie das Barometer, muss in einem gewissen Verhältniss zu der Leichtigkeit, mit welcher man es bei sich führen kann, und besonders zu seinem Preise stehen, und zwar kann hinsichtlich der Genauigkeit bis zu einer gewissen Grenze verloren gegeben werden, wenn die Bequemlichkeit des Transports dabei bedeutend gewinnt, und wenn die Lastbarkeit bei weitem rascher abnimmt, als die Genauigkeit. — Ein kleiner Verlust an Genauigkeit darf nur durch bedeutende Erleichterung des Gebrauchs und durch bedeutende Preiserniedrigung erkauft werden.

Wenn ein Instrument diese Bedingungen erfüllt, so kann über seine Brauchbarkeit wohl kein Zweifel seyn;

und diesen Bedingungen hauptsächlich suchte ich bei der Ausführung eines abgekürzten Barometers Genüge zu leisten. Um bei der Beschreibung der verschiedenen Constructionen, durch welche ich diesen Zweck zu erreichen suchte, mir Wiederholungen zu ersparen, will ich das allen diesen Constructionen Gemeinsame hier vorausschieken.

Princip des abgekürzten Barometers.

Das Princip, auf welchem das abgekürzte Barometer beruht, und welches zuerst von August hierzu angewandt wurde, ist, dass gleiche Volume Luft von verschiedener Dichtigkeit, um ein gleich großes Volum comprimirt, verschieden hohen Quecksilbersäulen das Gleichgewicht halten, so dass die verschiedenen Höhen der Quecksilbersäulen proportional sind den verschiedenen Dichtigkeiten. Da die Dichtigkeit der Luft durch den Barometerstand gegeben ist, so könnte schon folgendes Instrument zur Bestimmung des Luftdrucks dienen: In einem Glascylinder mm_1nn_1 (Taf. II Fig. 6), durch dessen obere Fassung dd_1 eine dünne Glasröhre ef hindurchgeht, stecke unten ein Kolben k und über demselben befindet sich eine Schicht Quecksilber g . Wird bei senkrechter Stellung des Instruments der Kolben aufwärts gedrückt, so sperrt das Quecksilber, sobald es mit dem untern Ende e der Röhre ef in Berührung kommt, in dem oberen Theile mm_1 des Glascylinders ein bestimmtes Volum Luft $= x$ ab; bei noch weiterem Aufwärtsdrücken des Kolbens wird diese Luft comprimirt, und das Quecksilber steigt in der Steigröhre ef in die Höhe. Drückt man den Kolben aufwärts, bis sich das Quecksilber in mm_1 in genauer Berührung mit der Spitze a eines an die Fassung dd_1 befestigten Drahts befindet, so wird, wenn der Raum von e bis a durch γ und der Barometerstand durch BSt gegeben ist, die Höhe der Quecksilbersäule in der Steigröhre durch $\frac{\gamma}{x - \gamma} BSt$ ausgedrückt seyn. Hat sich

bei Wiederholung dieser Operation der Barometerstand geändert, so wird auch die Quecksilbersäule in *e f* von verschiedener Höhe seyn; sie ist immer dem Barometerstand proportional.

Wenn also an der Steigröhre eine Skale befestigt ist, welche die Quecksilberhöhe, von der Drahtspitze *a* an gerechnet, in irgend einem Maafse angibt, so lässt sich ein solches Instrument gebrauchen, um die Aenderungen des Barometerstandes zu bestimmen. Man ermittelt aus mehreren Beobachtungen (Compressionen der Luft im Instrument bis zur Berühring der Drahtspitze *a* durch das Quecksilber), mit welchem Coëfficienten die abgelesene Quecksilberhöhe zu multipliciren ist, um den wahren Barometerstand zu geben; kennt man diesen Coëfficienten, so kann man nun allgemein aus den Angaben des Instruments den am Ort und zur Zeit irgend einer damit angestellten Beobachtung stattgehabten Barometerstand bestimmen, indem man die bei der Beobachtung abgelesene Quecksilberhöhe mit dem früher ausgemittelten Coëfficienten multiplicirt.

Die Anwendung dieses Princips beruht also darauf, dass man annimmt, dieser Coëfficient, einmal ausgemittelt, sey sodann stets anwendbar; mit andern Worten, dass man annimmt, das Instrument sey vollkommen unveränderlich, es werde darin immer dieselbe vollkommen gleiche Volumenmenge Luft abgesperrt, und immer um vollkommen gleich viel dem Raum nach comprimirt.

Bei einem Instrument, welches oft und auf lange Strecken transportirt wird, wäre es möglich, dass eine solche angenommene Unveränderlichkeit nicht in Wirklichkeit statt hat; selbst wenn eine Construction gewählt ist, bei der man in keiner Hinsicht eine Alteration des Instruments zu befürchten hat, ist es der Sicherheit wegen von Vortheil, aus den Angaben des Instruments an Ort und Stelle der Beobachtung sich von dem unveränderten Zustande desselben überzeugen zu können, und

an dem Instrument selbst eine Controle für die Richtigkeit seiner Angaben zu haben. Dieser Forderung wird auf folgende einfache Art Genüge geleistet.

Denken wir uns in Fig. 6 Taf. II außer dem Draht *a* noch einen zweiten *b* befestigt, der von dem erstern hinsichtlich seiner Länge nur wenig verschieden ist. Man kann offenbar diesen Draht *b* ebenso benutzen, wie es vorhin für den Draht *a* gezeigt wurde, und aus den Angaben des Instruments für die Compressionen bis zu der Drahtspitze *b* ebensowohl auf den Barometerstand schließen. Es wäre hierzu nur nötig, daß an der Steigröhre *ef* zwei Skalen angebracht wären, eine, als deren Nullpunkt die Drahtspitze *a*, und eine, als deren Nullpunkt die Drahtspitze *b* gälte. Diesem Uebelstand, eine doppelte Skale anbringen zu müssen, entgeht man dadurch, daß man auf der beliebig getheilten Skale den Nullpunkt nahe über der Fassung *dd₁*, aber sonst willkührlich, annimmt, und den Abstand jeder Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale, in Theilen dieser letztern ausgedrückt, bestimmt. Diese Abstände werden dem Instrument als Correction beigefügt, und die Quecksilberhöhe, welche einer Compression bis zu einer der Drahtspitzen zugehört, ist die auf der Skale abgelesene Höhe, corrigirt um den Abstand dieser Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale.

Sei nun dieser Abstand für die Drahtspitze *a* = α (für die Drahtspitze *b* = β), die bei Compression bis zur Drahtspitze *a* auf der Skale abgelesene Quecksilberhöhe = \mathfrak{A} (bis zur Drahtspitze *b* = \mathfrak{B}) so ist die ganze Quecksilberhöhe, welche dieser Compression bis zur Spalte *a* entspricht, = $\mathfrak{A} + \alpha = A$, (die, welche der Compression bis zur Drahtspitze *b* entspricht, = $\mathfrak{B} + \beta = B$). Bei wiederholten Operationen bei verschiedenem Barometerstand ändert sich \mathfrak{A} und \mathfrak{B} , so daß immer *A* und *B* dem Barometerstand proportional sind. Man bestimmt aus mehreren Beobachtungen die constanten Coëfficien-

ten α und β , womit A und B zu multipliciren sind, um den wahren Barometerstand zu geben, so dass $A.\alpha = B St$ und $B.\beta = B St$. Es behalten α und β denselben Zahlenwerth für dasselbe Instrument (man findet mittelst ihrer aus richtigen Beobachtungen den richtigen Barometerstand), so lange sich an dem Instrument nichts ändert. Man kann dann, wo α und β bekannt sind, mittelst des Instruments überall den Barometerstand bestimmen; man comprimit die Luft im Instrument bis zu a und bis zu b , findet durch Ablesen \mathfrak{A} und \mathfrak{B} und durch Zufügen der Correctionen $\mathfrak{A} + a = A$ und $\mathfrak{B} + b = B$, welche mit α und β multiplicirt den gesuchten Barometerstand durch $A.\alpha$ und $B.\beta$ übereinstimmend geben müssen. Erleidet das Instrument später irgend eine Veränderung, so wird sich diese in der Art bemerklich machen, dass $A\alpha$ nun nicht mehr $= B\beta$ ist. Man hat hier eine Controle für die Richtigkeit der Angaben des Instruments und für die Zulässigkeit der an demselben gemachten Beobachtungen. — In der Ausübung ist diejenige Art der Controle noch einfacher, dass man bei der Beobachtung sogleich den Quotienten $\frac{A}{B}$ berechnet; dieser Quotient muss stets, bei allen Barometerständen, dem früher bestimmten Werthe $\frac{\alpha}{\beta}$ gleich seyn, wofern das Instrument noch ganz unverändert so ist, wie es zur Zeit der directen Bestimmung von α und β war. Diese Art der Controle giebt begreiflich stattgehabte Veränderungen um so deutlicher an, je verschiedener der Werth $\frac{B}{A}$ von 1 ist, und man wird also, um sie anzuwenden, die beiden Drahtspitzen ziemlich ungleich lang nehmen, so dass bei den Beobachtungen A und B hinlänglich verschiedene Werthe haben. Die Uebereinstimmung des aus den Beobachtungen sich ergebenden Quotienten $\frac{B}{A}$

mit dem für das Instrument ein für allemal bestimmten Werthe $\frac{\alpha}{\beta}$ ist dann der Maafsstab für die Brauchbarkeit der Beobachtungen; ebenso, wie eine erhebliche Differenz zwischen beiden darauf schliesen lässt, entweder, dass die Beobachtungen fehlerhaft sind, was sich durch Wiederholung derselben leicht entscheiden lässt, oder, dass an dem Instrument eine Veränderung stattgefunden hat. Wie eine solche Veränderung entstehen kann, werden wir sogleich sehen.

Ueber die beste Construction des abgekürzten Barometers.

Ein Instrument, welches die eben besprochene Einrichtung (Fig. 6 Taf. II) hat, ist allerdings schon zur Bestimmung des Barometerstandes anwendbar; indefs eignet sich die Construction desselben für die Praxis nicht vortheilhaft. Ueberhaupt leisten nicht alle Constructionen, welche sich auf das angegebene Princip gründen, gleichviel, und grade die Einrichtungen, welche als die einfachsten am nächsten liegen, bewährten sich mir bei längrem Gebrauch am wenigsten. Um Anderen die Mühe zu ersparen, in dieser Beziehung nutzlose Erfahrungen machen zu müssen, will ich einige der Constructionen, die ich ausgeführt habe und für welche mir umfassendere Reihen von Beobachtungen vorliegen, hier kurz angeben, diejenige Construction aber, welche meiner Erfahrung nach allen Anforderungen Genüge leistet, ausführlicher beschreiben.

Die einfachste Construction, auf welche ich auch bereits vor fünf Jahren im XL. Bande dieser Annalen aufmerksam gemacht habe, ist Fig. 7 Taf. II in etwa $\frac{1}{3}$ der wirklichen Größe dargestellt. Die Einrichtung geht aus dem Vorhergehenden und der Zeichnung deutlich genug hervor. Ein solches Instrument, dessen Skale und Control-einrichtung nach dem im Vorstehenden Enthaltenen ausgeführt war, habe ich vielfach gebraucht, und namentlich

im Mai 1841 zu zahlreichen Höhenbestimmungen im Salzburgischen benutzt. Die Resultate, welche ich hier erhielt, bestätigten sehr befriedigend die Anwendbarkeit des Princips, auf welchem das abgekürzte Barometer beruht; die Höhendifferenzen, welche ich mittelst meines Instruments fand, stimmten mit den von zuverlässigen Beobachtern auf andere Weise früher gefundenen, so nahe überein, als diese unter sich. Die mit diesem Instrument gemachten Beobachtungen hier vollständig anzuführen, wird indes um so weniger nöthig seyn, da die dabei angewandte Construction mir dennoch verwerflich erscheint, insofern sie Uebelständen ausgesetzt ist, die sich durch Abänderung leicht vermeiden lassen.

Ein solches Instrument, Fig. 7 Taf. II, wo der gebogene Glascylinder mm_1nn_1 nur etwa 3 Linien im Durchmesser hat, wird nämlich durch den Uebelstand sehr afficirt, dass durch anhaltendes Schütteln während eines langen Transports das Quecksilber sich oxydirt und dann am Glase fest anhaftet, wodurch eine merkliche Veränderung des Instruments herbeigeführt wird. Diese giebt sich dadurch zu erkennen, dass alsdann der Quotient $\frac{B}{A}$ nicht mehr mit dem Werth $\frac{\alpha}{\beta}$ übereinstimmt, wie der letztere sich aus Beobachtungen ableitete, die ange stellt wurden, als das Instrument noch neu war (als das Quecksilber noch nicht dem Glas adhärirte). Die Ursache davon liegt darin, dass wenn das Quecksilber dem Glas nicht adhärirt, bei der Operation ein anderes Luftvolum in mm_1 abgesperrt wird, als wenn Adhäsion statt hat. In dem ersten Falle berührt das Quecksilber die Spitze e der Steigröhre mit einer convexen Oberfläche, in dem zweiten mit einer planen oder concaven.

Dieser Umstand macht sich wenig bemerkbar in der ersten Zeit nach der Fertigung des Instruments oder so lange es nicht sehr starke, anhaltende Erschütterungen erleidet, aber nach Reisen von 80 bis 100 Meilen

fand ich ihn sehr deutlich hervortretend; die Beobachtungen, die man alsdann anstellt, können nicht mehr mit Zuverlässigkeit nach den Coëfficienten berechnet werden, welche vor der Reise ausgemittelt wurden.

Man könnte diesen Uebelstand vermeiden, dadurch, dass man das Instrument vor jeder grösseren Reise von Quecksilber entleert, und erst an Ort und Stelle, wo man beobachten will, wieder einfüllt; es würde dies indess nur für kürzere Zeit helfen, und außerdem würde diese Einrichtung das Instrument unbequem machen; ich suchte deshalb die in Rede stehende Fehlerquelle durch Veränderung der Construction unwirksam zu machen.

Diese Fehlerquelle ist offenbar von um so grösserem Einfluss, je enger der Schenkel mm_1 ist. Will man diesen in der Construction Fig. 7 Taf. II viel weiter nehmen, so gelingt die Biegung bei p nicht mehr gut. Um weitere Gefässé an der Stelle von mm_1 anwenden zu können, versuchte ich die Constructionen Fig. 8 und 9 Taf. II, deren Einrichtung aus den Zeichnungen (in etwa $\frac{1}{3}$ der wirklichen Grösse) deutlich genug hervorgeht. Es bestehen hier die Schenkel mm_1 und nn_1 nicht mehr aus einer einzigen, sondern aus verschiedenen Glasröhren, die mittelst der engeren Röhre p vereinigt sind. Diese Instrumente leisten, in Bezug auf die Unveränderlichkeit, etwas bessere Dienste; ich werde unten die Beobachtungen mittheilen, welche ein Urtheil über ihre Brauchbarkeit begründen. Doch lassen sich auch hier noch wesentliche Verbesserungen anbringen, und ich will nun ausführlicher diejenige Construction beschreiben, welche sich mir als bei weitem die zuverlässigste und zugleich in der Handhabung bequemste bewährte.

Die Unsicherheit in den Angaben eines abgekürzten Barometers, welches sich auf das oben angegebene Princip gründet, beruht einmal auf der Unsicherheit, ob in dem Luftbehälter mm_1 immer gleichviel Luft abgesperrt werde, und dann auf der Unsicherheit im Einstellen, nämlich

das Quecksilber in mm_1 in genaue Berührung mit einer Drahtspitze zu bringen. Die erste dieser Unsicherheiten (so weit sie von der Veränderlichkeit der Gestalt abhängt, welche die Oberfläche des Quecksilbers hat) nimmt ab, wie die Weite von mm_1 zunimmt; die zweite übt hingegen einen um so grössern Einfluss aus, je weiter bei gleicher Höhe (gleichem Abstand von dd_1 bis e) der Luftbehälter mm_1 ist.

Beide Unsicherheitsquellen werden aber um so unmerklicher, je höher der Luftbehälter mm_1 bei gleicher Weite ist, auf ein jenseitseres Luftvolum sie sich nämlich vertheilen. Eine Construction, bei welcher nun der Luftbehälter mm_1 so hoch wie möglich ist, stellt Fig. 10 Taf. II. in etwa $\frac{2}{3}$ der wirklichen Größe dar. Hier befindet sich die Steigröhre ef fast ganz in dem Luftbehälter mm_1 eingeschlossen, die Skale ist auf das Glas der Steigröhre selbst aufgetragen, und die Drähte, mit deren Spitzen das Quecksilber bei der Compression in Berührung gebracht wird, sind ebenfalls an der Steigröhre selbst befestigt.

Die Einrichtung und Verfertigung dieses Instruments, welches in jeder Hinsicht verdient, in allgemeineren Gebrauch zu kommen, wird durch das Folgende hinlänglich klar werden. Von den beiden Glasröhren mm_1 und nn_1 braucht nur die nn_1 genau cylindrisch zu seyn; indeß ist auch für diese Ausschleifen nicht nöthig. Die Fassungen, mittelst welcher die gebogene Röhre p in mm_1 und nn_1 befestigt ist und das obere Ende von mm_1 verschlossen wird, lasse ich aus weichem Kork bestehen; sie sind mit gutem (bei dem Schmelzen keine Dämpfe ausstoßenden) Siegellack eingekittet, welches sie inwendig ganz glatt geschmolzen überzieht. — Den Kolben k verfertigt man gleichfalls aus weichem Kork, so daß er ohne sich schwer auf- und abschieben zu lassen, für einen Druck von 8 bis 9 Zoll Quecksilberhöhe quecksilberdicht schließt. (Vollkommen luftdicht braucht er nicht

zu schliesen.) Der Kolben darf keine Art von Fett oder einer ähnlichen Substanz zum Behuf der leichtern Beweglichkeit erhalten, weil dadurch eine Verunreinigung des Quecksilbers herbeigeführt wird.

Bei der Zusammensetzung des Instruments vereinigt man zuerst die Röhren mm_1 und nn_1 durch Einkitten der gebogenen Röhre p ; bevor die obere Fassung dd_1 , in welcher die Steigröhre ef befestigt ist, eingesetzt werden kann, muss alles zu dieser letzteren Gehörige vollen-det seyn.

Die Steigröhre ef passt man so ab, dass ihre Länge ungefähr der von mm_1 gleichkommt. Wird sie dann später in das obere Ende von mm_1 so befestigt, dass ihre untere Mündung e einige Linien über der unteren Fassung von mm_1 steht, so muss ihre obere Oeffnung f über das obere Ende von mm_1 frei hervorragen. — Die Steigröhre ist unten bei e ein wenig verengt ausgezogen; es ist auf ihr eine willkürliche Skale aufgetragen, deren Nullpunkt etwa um $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge, womit die Steigröhre in mm_1 zu stehen kommt (um $\frac{1}{3}$ der Länge dd_1 bis e) von dem unteren Ende e der Steigröhre absteht. Die Skale wird auf die Steigröhre bis dahin aufgetragen, wo diese in die Fassung dd_1 eingekittet wird. Ihre Theilstriche und die Bezeichnung derselben sind entweder auf die Steigröhre geätzt, oder auch nur mit farbigem Fir-niss aufgetragen; letzteres reicht hin, weil die Steigröhre in die Glasröhre mm_1 eingeschlossen und so gegen jede Beschädigung gesichert wird.¹⁾

- 1) Bei dieser Construction lässt sich also kein Nonius für die Skale anbringen, von dessen Anwendung einige vielleicht grössere Genauigkeit in den Leistungen des Instruments erwarten möchten. Man überzeugt sich leicht, wie unnütz überhaupt bei diesen Constructionen die Anbringung eines Nonius ist, wenn man bedenkt, dass die Genauigkeit der Angaben hier nicht allein von der Genauigkeit des Able-sens auf der Skale, sondern auch von der Genauigkeit des Einstel-lens (das Quecksilber in genaue Berührung mit einer Drahtspitze zu bringen) abhängt, und dass für das letztere ein ähnliches Hülsmittel

Man befestigt nun die Steigröhre in die bereits eingepasste, aber noch nicht eingekittete Fassung dd_1 , so dass bei dem späteren Einsetzen dieser Fassung in mm_1 , das untere Ende e der Steigröhre einige Linien von der unteren Fassung der Röhre mm_1 abstehen wird. — An die Steigröhre wird nun der Draht fest gemacht, mit dessen Spitzen a und b das Quecksilber bei der Compression der Luft in mm_1 in Berührung gebracht werden soll. Zu dem Ende wird ein Platindraht in seinem mittleren Theile spiralförmig gerollt und auf die Steigröhre geschoben, wie aus der Fig. 10 Taf. II ersichtlich ist. Beide Enden des Drahts, a und b , sind zugespitzt und geschwärzt, die eine Spitz a steht etwa um 2 bis 3 Linien niedriger als die andere b . Der Abstand der oberen Drahtspitze b von dem unteren Ende e der Steigröhre bestimmt sich auf folgende Weise.

Ist das Instrument fertig, so darf für den höchsten vorkommenden Barometerstand bei der Compression der

nicht anzubringen ist. Wollte man nämlich ein genaueres Einstellen dadurch erzielen, dass man dem Kolben eine langsame Bewegung mittelst Winde und Getrieb oder einer Schraube mittheilte, so würde man dadurch die Dauer einer Operation sehr verzögern, und eine neue Fehlerquelle schaffen, dass nämlich das Instrument als Luftermometer wirken könnte. Solche complicirte Einrichtungen, die eine scheinbar grössere Genauigkeit bewecken, würden das Instrument vertheuern, und es in Wirklichkeit ungenauer machen. Ich glaube, dass für den Zweck des abgekürzten Barometers das Einstellen mittelst der bloßen Kolbenstange hinlänglich genau ist; nach kurzer Uebung bringt man schnell bei dem Abwärtsdrücken des Kolbens ihn gerade in dem Moment zum Stillstand, wo die Oberfläche des Quecksilbers in mm_1 eine Drahtspitze berührt. Etwas erleichtern kann man sich dies noch, indem man die Röhre nm von ein wenig geringerem Durchmesser nimmt, als die mm_1 , so dass einer grösseren Standveränderung des Kolbens in nm_1 eine geringere des Quecksilbers in mm_1 entspricht. — Ebenso ist das Ablesen der Quecksilberhöhe für unseren Zweck genau genug, wenn es bis auf $\frac{1}{16}$ Linie sicher ist; und so genau, durch bloße Schätzung der Unterabtheilungen einer nicht zu weitläufig getheilten Skale, abzulesen, ist gleichfalls für ein einigermaßen geübtes Auge leicht.

Luft in mm_1 bis zur Berührung der Drahtspitze b vom Quecksilber dieses in der Steigröhre nicht über die Fassung dd_1 hinaussteigen, weil die Skale nur bis dahin geht; die Stellung der Drahtspitze b muss also so seyn, dass für diesen Fall das Quecksilber in der Steigröhre bis nahe an die Fassung dd_1 sich erhebt, ohne darüber hinauszugehen. Insofern man die Räume in der Glasröhre mm_1 ihrer Höhe proportional betrachten kann, lässt sich, wenn die Länge der Steigröhre innerhalb mm_1 (von dd_1 bis e) gemessen ist, leicht finden, in welchen Abstand von dem unteren Ende e der Steigröhre die Drahtspitze b kommen muss. Ist die erstere Länge = x bekannt, so bestimmt sich der letztere Abstand y dadurch, dass für den höchsten vorkommenden Barometerstand = s (wo x, y, s in demselben Maafse ausgedrückt sind) $y + \frac{y}{x-y}s$

nicht grösser als x seyn darf; man nimmt y so, dass $y + \frac{y}{x-y}s$ um einige Linien kleiner ist als x . Für die Praxis reichen folgende Bestimmungen aus:

Ist x , die Länge der Steigröhre innerhalb mm_1 (von dd_1 bis e),	so nimmt man y , den Abstand der höchsten Drahtspitze b von dem untern Ende e der Steigröhre:
11 Zoll	2,45 Zoll
10 -	2,1 -
9 -	1,75 -
8 -	1,4 -

Man schiebt nun den Draht auf der Steigröhre so, dass sich seine obere Spitze b genau in dem richtigen Abstand von dem untern Ende e der Steigröhre befindet, und befestigt ihn in dieser Stellung durch Aufschmelzen von etwas Siegellack. Sodann misst man, noch vor dem Einkitten der Fassung dd_1 mit der Steigröhre in den Luftbehälter mm_1 , den Abstand jeder Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale genau. Nunmehr kittet man die Fassung dd_1 in das obere Ende von mm_1 ein,

so, dass die Steigröhre sich in der Axe von mm_1 befindet.

Die Füllung des Instruments mit Quecksilber, geschieht folgendermassen: Man nimmt den Kolben k aus der Röhre nn_1 heraus, und verschliesst das obere Ende f der Steigröhre mit einem Stöpselchen. Nun gießt man in nn_1 eine zureichende Menge von Quecksilber ein, setzt den Kolben in die obere Mündung der Röhre nn_1 , kehrt das Instrument um, nimmt den Stöpsel von dem Ende f der Steigröhre weg und drückt den Kolben langsam aufwärts, bis alle Luft aus dem Cylinder nn_1 und der krummen Röhre p entfernt ist. Die Quantität Quecksilber nimmt man so, dass bei dem höchsten Stand des Kolbens in nn_1 , wenn sich zwischen dem Kolben und dem Quecksilber keine Luft mehr befindet, das Quecksilber in mm_1 etwa eine oder zwei Linien unter dem Ende e der Steigröhre steht (wie in der Figur). Man muss möglichst reines Quecksilber anwenden. (Findet zufällig bei irgend einer Gelegenheit ein Verlust an Quecksilber statt, so schadet dies nichts, so lange nur noch so viel Quecksilber in dem Instrument enthalten ist, dass man die Compression der Luft in mm_1 bis zur Berührung der Drahtspitze b mit dem Quecksilber bewerkstelligen kann).

Wie das nun fertige Instrument auf ein Holztäfelchen befestigt ist, ergiebt sich aus der Zeichnung hinlänglich deutlich.

Fig. 10 Taf. II stellt das Instrument, wie schon bemerkt, in etwa $\frac{3}{4}$ der wirklichen Grösse dar; kleiner, als in den hieraus folgenden Dimensionen, rathe ich, es nicht zu ververtigen; aber es kann füglich etwas länger ausgeführt werden, ohne dann in der Praxis unbequem zu seyn, so dass der ganze Apparat eine Länge von etwa 11 bis 12 Pariser Zoll auf 1½ Zoll Breite erhält.

Die Resultate, welche man mit diesem Instrumente in schnell auf einander folgenden Beobachtungen erhält, stim-

men vollkommen genau unter einander überein. Rathsam ist, in den verschiedenen Operationen den Kolben nicht mit zu verschiedener Schnelligkeit abwärts zu bewegen, sondern sich an ein gleichförmiges Comprimiren zu gewöhnen; weil bei sehr grosser Geschwindigkeit des Kolbens das Quecksilber in mm_1 mit einer convexeren Fläche die Oeffnung e der Steigröhre abschließt, als bei einer langsamen. Indes ist dieser Umstand bei der Construction, Fig. 10 Taf. II kaum von merklichem Einflus.

Um das Quecksilber mit einer Drahtspitze in Berührung zu bringen, sieht man auf diese und zugleich auf ihr in dem Quecksilber sichtbares Spiegelbild. Mit grösserer Schärfe treten beide hervor, wenn man nicht directes Licht auf das Instrument fallen lässt, sondern die eine Hälfte des Cylinders mm_1 in der Gegend der Drahtspitzen mit einer losen Hülle weissen Papiers bekleidet.

Die Art, das Instrument zu transportiren, ist äußerst einfach. Das hölzerne Täfelchen, auf welches es befestigt ist, hat etwas grössere Dimensionen, als der eigentliche Apparat selbst, so dass es ringsum etwa eine Linie über jeden äußersten Theil des Apparats hinaussteht. Das Täfelchen kann als Deckel auf ein Kästchen gelegt werden (das gleiche Länge und Breite mit ihm hat, und dessen Wände etwa eine Linie dick sind), so dass kein Theil des Instruments gedrückt ist, und lässt sich in dieser Lage durch einige Häkchen befestigen. Zum Transport stellt man nun den Kolben so hoch, dass das Quecksilber in mm_1 eben unter dem unteren Ende e der Steigröhre steht, verschließt das obere Ende f derselben mittelst eines Stöpsels aus Kork, und verwahrt nun das Instrument, wie oben angegeben, gegen äussere Beschädigungen. Das Instrument kann so die härtesten Stöße ohne Nachtheil ertragen, und sein Transport erfordert in keiner Weise eine besondere Vorsicht. Zum Gebrauch nimmt man den Stöpsel aus dem oberen

Ende *f* der Steigröhre hinweg, schafft das Quecksilber, welches zufällig in die Steigröhre getreten ist, durch Aufwärtsziehen des Kolbens heraus, und bringt durch Umkehren des Instruments und Aufwärtsdrücken des Kolbens alle Luft aus $n n_1$ und p weg.

Beobachtungen, um über die verschiedene Brauchbarkeit der verschiedenen Constructionen zu entscheiden.

Ueber den Vorzug, welchen die eine der im Vorstehenden erwähnten Constructionen vor der andern verdient, ist die Erfahrung der beste Richter. Was die Construction, Fig. 7 Taf. II, angeht, so habe ich mich schon oben darüber ausgesprochen, dass sie nicht empfehlenswerth erscheint, und die Gründe, die ich angeführt habe, machen es unnöthig, an speciellen Beobachtungen die Veränderlichkeit eines solchen Instruments nachzuweisen.

Eine strengere Prüfung muss über den Werth der andern angegebenen Constructionen, Fig. 8, 9 u. 10 Taf. II, entscheiden. Mit solchen Instrumenten habe ich vom November 1841 bis zum März 1842 hier in Giesen Beobachtungen angestellt, welche ich um so mehr mittheilen zu müssen glaube, als sie nicht nur über die vorzugsweise Brauchbarkeit der einen oder andern Construction Aufschluss geben, sondern auch überhaupt ein Urtheil darüber gestatten, was eigentlich ein zweckmässig eingerichtetes, abgekürztes Barometer leistet.

Es war durch diese Beobachtungen über zwei Punkte Aufklärung zu suchen; einmal, in wiefern die einzelnen Beobachtungen an den verschiedenen Constructionen genau sind, nämlich mit welcher Genauigkeit bald auf einander folgende Operationen die inzwischen stattgehabte Änderung des Luftrucks angeben; und dann, inwiefern sich die verschiedenen Constructionen unveränderlich beweisen, nämlich, ob die im Anfang bestimmten Grössen, welche die Relation zwischen den Angaben eines Instruments

er,
af-
ni-
ol-
or
ei

or-
er-
die
ich
eh-
hrt
un-
sch-

der
I. II,
No-
eob-
ilen
ugs-
tion
heil
nge-

ankte
linen
ge-
ein-
abte
fern
be-
fSEN,
instru-
nents

T a b

Zeit der Beobachtung	Instrument I (Fig. 8 Taf. II)					Instrument II (Fig. 9)				
	A	B	α	β	$\frac{B}{A}$	A	B	α	β	$\frac{B}{A}$
November										
1841										
25. 16 ^b V.	—	—	—	—	—	81,7	98,1	4,046	3,370	1,2008
- 2 N.	—	—	—	—	—	81,5	98,1	4,049	3,364	1,2037
26. 10 V.	—	—	—	—	—	81,7	98,3	4,070	3,383	1,2032
- 1 N.	—	—	—	—	—	81,7	99,3	4,068	3,347	1,2154
29. 10 V.	—	—	—	—	—	81,1	98,7	4,055	3,332	1,2170
30. 10 V.	—	—	—	—	—	80,8	98,1	4,046	3,332	1,2141
December										
1841										
1. 10 ^b V.	—	—	—	—	—	81,1	98,4	4,055	3,342	1,2133
- 2 N.	—	—	—	—	—	81,1	98,3	4,052	3,343	1,2121
2. 10 V.	—	—	—	—	—	81,6	99,1	4,044	3,330	1,2144
- 2 N.	—	—	—	—	—	81,7	99,0	4,035	3,330	1,2118
3. 9 V.	—	—	—	—	—	80,6	97,8	4,055	3,341	1,2134
- 1 N.	—	—	—	—	—	80,6	97,8	4,053	3,340	1,2134
4. 11 V.	—	—	—	—	—	81,1	98,3	4,048	3,340	1,2121
5. 10 V.	—	—	—	—	—	82,0	99,3	4,036	3,333	1,2124
6. 10 V.	79,4	88,6	4,201	3,765	1,1159	82,8	100,4	4,029	3,323	1,2126
- 3 N.	79,4	89,0	4,194	3,742	1,1209	—	—	—	—	—
7. 10 V.	78,6	88,2	4,206	3,757	1,1221	81,7	99,3	4,046	3,329	1,2154
- 1 N.	78,8	88,0	4,196	3,758	1,1167	81,7	99,3	4,048	3,329	1,2154
8. 10 V.	78,4	87,3	4,204	3,776	1,1135	81,2	98,7	4,059	3,339	1,2155
- 12 M.	77,8	87,0	4,220	3,773	1,1183	81,2	98,3	4,043	3,340	1,2106
9. 10 V.	77,6	86,3	4,222	3,796	1,1121	80,7	98,0	4,059	3,343	1,2144
- 1 N.	77,6	86,4	4,222	3,792	1,1134	80,7	98,0	4,059	3,343	1,2144
10. 10 V.	77,5	86,3	4,227	3,796	1,1135	80,6	98,0	4,064	3,343	1,2159
- 1 N.	77,4	86,1	4,220	3,793	1,1124	80,6	97,8	4,052	3,340	1,2134
11. 12 M.	77,9	87,0	4,231	3,789	1,1168	81,2	98,5	4,059	3,346	1,2131
12. 12 M.	78,4	87,4	4,215	3,782	1,1148	81,6	99,0	4,050	3,338	1,2132
13. 10 V.	78,0	87,1	4,219	3,778	1,1167	81,2	98,4	4,053	3,344	1,2118
- 2 N.	78,0	87,0	4,217	3,780	1,1154	81,1	98,4	4,056	3,342	1,2132
14. 11 V.	77,8	86,9	4,216	3,774	1,1170	80,8	98,0	4,059	3,347	1,2129
15. 11 V.	79,0	88,2	4,228	3,787	1,1165	81,9	99,5	4,078	3,357	1,2149
- 12 M.	79,2	88,3	4,213	3,779	1,1149	82,6	100,2	4,040	3,330	1,2131
16. 11 V.	78,1	87,0	4,222	3,790	1,1140	81,7	98,9	4,036	3,334	1,2105
- 1 N.	77,9	87,0	4,226	3,784	1,1168	81,3	98,5	4,049	3,342	1,2116
17. 11 V.	77,6	86,3	4,222	3,796	1,1121	80,8	98,0	4,054	3,343	1,2129
18. 11 V.	77,6	86,3	4,224	3,798	1,1121	80,8	98,0	4,057	3,345	1,2129

belle II.

(Zu Seite 529.)

$\frac{B}{A}$	Instrument III (Fig. 10)					Abgeleiteter Barometerstand						Beobachteter B.-St.
	A	B	a	β	$\frac{B}{A}$	Instrum. I	AA	B β	Instrum. II	AA	B β	
2008	58,6	65,6	5,642	5,040	1,1194	—	—	331,0	327,9	332,4	330,9	330",6
2037	58,1	65,4	5,680	5,046	1,1256	—	—	330,2	327,9	329,6	329,9	330",0
2032	58,6	65,7	5,674	5,061	1,1212	—	—	331,0	329,9	332,4	331,4	332",5
2154	58,7	65,8	5,663	5,052	1,1209	—	—	331,0	331,9	333,0	331,9	332",4
2170	58,0	65,2	5,671	5,044	1,1242	—	—	328,6	329,9	329,0	328,9	328",9
2141	57,7	64,7	5,665	5,053	1,1213	—	—	327,4	327,9	327,3	326,3	326",9
2133	57,8	65,2	5,690	5,044	1,1280	—	—	328,6	328,9	327,9	328,9	328",9
2121	57,8	65,1	5,685	5,048	1,1263	—	—	328,6	328,5	327,9	328,4	328",6
2144	58,2	65,4	5,670	5,046	1,1237	—	—	330,6	331,2	330,2	329,9	330",0
2118	58,1	65,4	5,675	5,041	1,1256	—	—	331,0	330,9	329,6	329,9	329",7
2134	57,7	64,8	5,664	5,043	1,1231	—	—	326,6	326,9	327,3	326,9	326",8
2134	57,5	64,7	5,682	5,049	1,1252	—	—	326,6	326,9	326,2	326,3	326",7
2121	57,8	65,2	5,680	5,035	1,1280	—	—	328,6	328,5	327,9	328,9	328",3
2124	58,5	65,7	5,658	5,038	1,1231	—	—	332,3	331,9	331,9	331,4	331",0
2126	58,9	66,3	5,664	5,032	1,1256	334,7	334,9	335,5	335,5	334,1	334,4	333",6
—	—	—	—	—	—	334,7	336,4	—	—	—	—	333",0
2154	58,3	65,5	5,671	5,047	1,1235	331,4	333,4	331,0	331,9	330,7	330,4	330",6
2154	58,3	65,5	5,672	5,049	1,1235	332,2	332,6	331,0	331,9	330,7	330,4	330",7
2155	58,0	65,2	5,683	5,055	1,1242	330,5	330,0	329,0	329,9	329,0	328,9	329",6
2106	57,8	65,1	5,680	5,043	1,1263	328,0	328,9	329,0	328,5	327,9	328,4	328",3
2144	57,7	64,9	5,678	5,048	1,1248	327,2	326,2	327,0	327,5	327,3	327,4	327",6
2144	57,8	65,1	5,668	5,032	1,1263	327,2	326,6	327,0	327,5	327,9	328,4	327",6
2159	57,7	64,9	5,678	5,048	1,1248	326,7	326,2	326,6	327,5	327,3	327,4	327",6
2134	57,6	64,7	5,670	5,048	1,1233	326,3	325,5	326,6	326,9	326,8	326,3	326",6
2131	58,1	65,4	5,673	5,040	1,1256	328,4	328,9	329,0	329,2	329,6	329,9	329",6
2132	58,4	65,7	5,659	5,030	1,1250	330,5	330,4	330,6	330,9	331,4	331,4	330",5
2118	58,0	65,3	5,674	5,040	1,1256	328,8	329,2	329,0	328,9	329,0	329,4	329",1
2132	58,0	65,3	5,671	5,037	1,1256	328,8	328,9	328,6	328,9	329,0	329,4	328",9
2129	57,8	65,1	5,675	5,038	1,1263	328,0	328,5	327,4	327,5	327,9	328,4	328",0
2149	58,8	66,2	5,680	5,045	1,1258	333,1	333,4	331,9	332,5	333,6	333,9	334",0
2131	58,8	66,2	5,675	5,041	1,1258	333,9	333,8	334,7	334,9	333,6	333,9	333",7
2105	58,1	65,4	5,675	5,041	1,1256	329,3	328,9	331,0	330,5	329,6	329,9	329",7
2116	58,0	65,3	5,676	5,041	1,1258	328,4	328,9	329,4	329,2	329,0	329,4	329",2
2129	57,7	64,9	5,678	5,048	1,1248	327,2	326,2	327,4	327,5	327,3	327,4	327",6
2129	57,7	65,0	5,688	5,043	1,1239	327,2	326,2	327,4	327,5	327,3	327,9	327",8

Tabelle

e II.

(Zu Seite 534.)

Instrument III (Fig. 10)				Abgeleiteter Barometerstand								Beobachteter B.-St.
B	a	β	$\frac{B}{A}$	Instrum. I	Instrum. II	Instrum. III						
A α	B β	A α	B β	A α	B β	A α	B β					
8	66,3	5,689	5,045	1,1280	334,7	334,9	334,3	335,2	333,6	334,4	334",5	
2	66,6	5,669	5,039	1,1250	335,6	335,7	334,7	335,9	335,8	335,9	335,6	
3	66,6	5,973	5,051	1,1231	335,6	335,7	335,1	336,2	336,4	335,9	336,4	
7	66,2	5,674	5,032	1,1278	331,8	332,6	331,5	332,2	333,0	333,9	333,1	
5	65,8	5,683	5,050	1,1248	331,0	330,8	329,8	330,9	331,9	331,9	332,3	
2	64,4	5,678	5,043	1,1259	323,8	322,8	322,5	323,2	324,5	324,8	324,8	
9	65,3	5,677	5,034	1,1278	328,4	328,1	327,8	328,9	328,5	329,4	328,7	
6	65,8	5,669	5,049	1,1229	332,2	332,3	332,2	331,9	332,4	331,9	332,2	
7	65,9	5,665	5,048	1,1222	331,8	331,9	331,9	331,9	333,0	332,4	332,7	
9	66,4	5,687	5,045	1,1273	333,5	334,1	333,1	333,5	334,1	334,9	335,0	
7	67,1	5,668	5,043	1,1239	337,3	338,7	337,1	337,5	338,7	338,5	338,4	
9	66,3	5,674	5,041	1,1256	333,9	334,1	332,7	333,5	334,1	334,4	334,2	
8	66,3	5,674	5,032	1,1275	332,6	333,0	331,5	332,5	333,6	334,4	333,6	
7	67,3	5,660	5,021	1,1273	337,7	338,3	337,9	337,9	338,7	339,5	337,9	
5	66,9	5,667	5,040	1,1244	336,4	336,7	—	—	337,5	337,4	337,2	
9	67,4	5,671	5,031	1,1271	338,6	338,3	338,7	339,2	339,2	340,0	339,1	
7	67,2	5,652	5,021	1,1256	—	—	—	—	338,7	339,0	337,4	
1	66,6	5,687	5,047	1,1269	—	—	—	—	335,3	335,9	336,1	
6	65,8	5,666	5,046	1,1229	—	—	—	—	332,4	331,9	332,0	
8	65,1	5,690	5,052	1,1263	—	—	—	—	327,9	328,4	328,9	
9	65,2	5,670	5,035	1,1261	—	—	—	—	328,5	328,9	328,3	
5	65,7	5,680	5,058	1,1231	—	—	—	—	331,9	331,4	332,3	
5	65,7	5,670	5,049	1,1231	—	—	—	—	331,9	331,4	331,7	
7	65,9	5,671	5,052	1,1227	—	—	—	—	333,0	332,4	332,9	



ments und dem wahren Barometerstand ausdrücken, auch nach längerem Gebrauch noch ganz mit derselben Richtigkeit anwendbar sind. — Die Anstellung und Berechnung der Beobachtungen (ich glaube von diesen keine einzige auslassen zu dürfen) nahm demgemäß folgenden Gang:

Eine erste Reihe von Beobachtungen (im November und Dezember 1841) wurde an Instrumenten von der Construction Fig. 8 Taf. II (ein solches Instrument will ich im Folgenden mit I bezeichnen), Fig. 9 Taf. II (Instrument II), Fig. 10 Taf. II (Instr. III) angestellt. Beobachtet wurde an jedem die Quecksilberhöhe, welche die Compression bis zur unteren Drahtspitze a , und die, welche die Compression bis zur oberen Drahtspitze b ergab. Unter A und B sind in der folgenden Tabelle I die zur angegebenen Zeit beobachteten Quecksilberhöhen (bereits um den Abstand jeder Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale corrigirt) in Theilen der (bei jedem Instrument willkürlich getheilten) Skale angegeben. Hieraus ergibt sich zunächst für jedes Instrument der Werth $\frac{B}{A}$ (vergl. oben, wo von der Controle die Rede war); eine Vergleichung der beobachteten Quecksilberhöhen mit dem an einem Heberbarometer zur Zeit der Beobachtung abgelesenen (in der letzten Columne der Tabelle in Pariser Linien angegebenen) Barometerstand¹⁾) lehrt weiter für jedes Instrument die Coëfficienten α und β kennen.

(Siehe die beigegebene Tabelle I.)

Für jedes Instrument zeigt die Uebereinstimmung der aus den verschiedenen Beobachtungen gefundenen Werthe für α , β und $\frac{B}{A}$ die Genauigkeit, mit welcher man an ihm

1) Reduction der verschiedenen Höhen auf irgend eine bestimmte Normaltemperatur war nicht nöthig, weil für das Quecksilber in den abgekürzten Barometern und in dem Normalbarometer dieselbe Temperatur vorauszusetzen war.

beobachten kann. Im Mittel aus allen Resultaten findet man für

Instrum. I.

$$\alpha = 4,216$$

$$\beta = 3,780$$

$$\frac{B}{A} = \frac{\alpha}{\beta} = 1,1156$$

Instrum. II.

$$\alpha = 4,052$$

$$\beta = 3,342$$

$$\frac{B}{A} = \frac{\alpha}{\beta} = 1,2124$$

Instrum. III.

$$\alpha = 5,673$$

$$\beta = 5,044$$

$$\frac{B}{A} = \frac{\alpha}{\beta} = 1,1247$$

Es fragt sich nun, wie gross ist die Genauigkeit jeder dieser Constructionen; in wiefern giebt jede derselben die Veränderungen des Barometerstandes richtig an? Um hierüber zu entscheiden, braucht man nur die einzelnen für jedes Instrument erhaltenen α oder β oder $\frac{B}{A}$ unter sich,

oder mit den im Mittel gefundenen Werthen zu vergleichen. Liefsen alle Instrumente vollkommen genaue Beobachtungen zu, so müfste sich α , β , $\frac{B}{A}$ für jedes Instrument aus allen einzelnen Beobachtungen identisch ergeben.

(Eine Aenderung des wahren Werthes dieser Constanten wäre nur durch die Möglichkeit einer Veränderung des ganzen Instruments bedingt, die um so weniger anzunehmen ist, als keiner der Apparate irgend einer Art von Erschütterung ausgesetzt war; auch zeigt in der obigen Reihe von Beobachtungen kein Instrument eine erlittene Veränderung durch eine regelmässige Aenderung der Constanten an). — Je gröfser bei einem Instrumente die Differenzen unter diesen Grössen sind, um so ungenauere Angaben liefert im Allgemeinen die Construction desselben. Aber die Bestimmung dieser Differenzen

unter α oder β oder $\frac{B}{A}$ giebt keinen klaren Begriff, wie

gross dann der Einfluss der Ungenauigkeit jeder Construction für die wirkliche Anwendung ist; deutlicher wird dies, wenn man für jedes Instrument durch Multiplication der oben im Mittel bestimmten α und β mit den unmittelbaren Beobachtungen die diesen zugehörigen Baro-

meterstände ableitet. Es ist dieses in der obigen Tabelle I unter den Columnen „abgeleiteter Barometerstand“¹⁾ geschehen, und eine Vergleichung mit dem wirklich stattgehabten Barometerstande lässt über die Genauigkeit der Angaben jeder Construction entscheiden.

Da für jedes Instrument die Coefficienten α und β im Mittel aus sämtlichen Beobachtungen abgeleitet wurden, so müssen sich bei jedem Instrumente die Unrichtigkeiten der einzelnen Beobachtungen compensiren; d. h. das Mittel aus sämtlichen abgeleiteten Barometerständen für die sämtlichen zusammengehörigen Beobachtungen an einer Drahtspitze eines Instruments stimmt mit dem Mittel der am Normalbarometer abgelesenen Barometerstände überein. Wir müssen die Abweichungen der abgeleiteten Barometerstände von den wirklich stattgehabten für die einzelnen Beobachtungen bestimmen (wobei wir ganz vernachlässigen können, ob die Abweichungen positiv oder negativ sind), um die verschieden großen Gränzen der Beobachtungsfehler zu finden, welche die verschiedenen Constructionen zulassen.

Führt man eine solche Vergleichung durch, so erhält man folgende Resultate:

Instrument I. Bei den 21 an der Drahtspitze a angestellten Beobachtungen differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten

4 mal um mehr als 1 Linie ($1''$,1 bis $1''$,7)

6 - - - - $\frac{1}{4}$ - - (0 ,5 - 0 ,9)

11 - - weniger - $\frac{1}{4}$ - - (0 ,0 - 0 ,4)

Bei den 21 an der Drahtspitze b angestellten Beobachtungen aber:

2 mal um mehr als 2 Linien ($2''$,8 und $3''$,4)

8 - - - - 1 Linie (1 ,0 bis 1 ,9)

5 - - - - $\frac{1}{4}$ - - (0 ,5 - 0 ,7)

6 - - weniger - $\frac{1}{4}$ - - (0 ,0 - 0 ,4)

1) In den Ueberschriften dieser Columnen bedeutet also α und β die im Mittel dafür gefundenen Werthe.

Man ersieht, dass eine einzelne Beobachtung mit diesem Instrument den Barometerstand kaum auf Eine Linie sicher angiebt. Die Beobachtungen an der Drahtspitze *a* zeigten sich genauer, als die an der Spitze *b* angestellten; es kommt dies von Zufälligkeiten her, dass z. B. die eine Drahtspitze ungünstiges Licht hat und dem Auge schlecht begränzt erscheint u. s. w. — Die Genauigkeit, welche eine solche Construction gewährt, ist jedenfalls für die praktische Anwendung nicht hinreichend; fassen wir alle Beobachtungen zusammen, so geben kaum $\frac{2}{3}$ derselben den Barometerstand auf Eine Linie genau.

Instrument II. Die Genauigkeit dieser Construction geht etwas weiter. Bei den 34 an der Drahtspitze *a* angestellten Beobachtungen, differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten

1	mal um mehr als 2 Linien	(2",1)
8	- - - - -	1 Linie (1 ,0 bis 1 ,9)
8	: : - - -	$\frac{1}{2}$ - (0 ,5 - 0 ,7)
17	- - weniger -	$\frac{1}{2}$ - (0 ,0 - 0 ,4)

und bei den 34 an der Drahtspitze *b* angestellten Beobachtungen:

3	mal um mehr als 2 Linien	(2",1 bis 2",7)
9	- - - - -	1 Linie (1 ,0 - 1 ,9)
4	: - - - -	$\frac{1}{2}$ - (0 ,5 - 0 ,9)
18	- - weniger -	$\frac{1}{2}$ - (0 ,0 - 0 ,4)

Die Genauigkeit dieser Construction zeigt sich von der vorhergehenden nicht viel verschieden. Auch hier geben $\frac{2}{3}$ aller Beobachtungen den Barometerstand bis auf Eine Linie und weniger, genau, die Hälfte etwa bis auf $\frac{1}{2}$ Linie.

Instrument III. Dieses gewährt eine weit grösere Genauigkeit. Bei den 34 Beobachtungen, welche an der Drahtspitze *a* angestellt wurden, differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten:

1 mal um mehr als 1 Linie ($1''$, 8)

5 - - - - weniger - $\frac{1}{2}$ - - (0 , 6 bis 0 , 9)

28 - - - - weniger - $\frac{1}{2}$ - - (0 , 0 - 0 , 5)

(und zwar 15 mal um 0'', 2 und weniger)

und bei den 34 an der Drahtspitze *b* angestellten Beobachtungen:

1 mal um mehr als 1 Linie ($1''$, 1)

5 - - - - weniger - $\frac{1}{2}$ - - (0 , 6 bis 0 , 9)

28 - - - - weniger - $\frac{1}{2}$ - - (0 , 0 - 0 , 5)

(und zwar 18 mal um 0'', 2 und weniger).

Von allen angestellten Beobachtungen geben $\frac{5}{6}$ der selben den Barometerstand auf $\frac{1}{2}$ Linie richtig an, die Hälfte auf 0,2 Linien. Selbst bei einer einzelnen Beobachtung auf mehr als 1 Linie zu fehlen, ist bei dieser Construction nach kurzer Uebung wohl nie zu fürchten; der Eine Fall, wo dies in den obigen Beobachtungen statt hatte, kam ganz im Anfang der Beobachtungen vor, und an einem abgekürzten Barometer zu operiren, erfordert immer einige Uebung. Die Genauigkeit dieser Construction ist sicher nicht zu hoch angeschlagen, wenn man sie im Allgemeinen dahin bestimmt, dass die Angaben des Instruments den Barometerstand auf $\frac{1}{2}$ Linie genau geben, und es scheint mir somit durch diese Construction, in Hinsicht auf Genauigkeit der Angaben, Alles geleistet zu seyn, was man von einem abgekürzten Barometer erwarten kann.

Es bleibt aber noch übrig, hinsichtlich der zweiten Hauptbedingung einer brauchbaren Construction zu entscheiden, nämlich bei welchem Instrumente noch in langer Zeit und nach stetem Gebrauche die Berechnung der Beobachtungen mittelst des früher bestimmten Coëfficien- ten den Barometerstand innerhalb derjenigen Gränzen mit dem wahren übereinstimmend angibt, welche nach der Construction für Beobachtungsfehler möglich sind.

Zum Behuf dieser letztern Prüfung wurden die Instrumente, wie oben angegeben, zum Transport vorge-

richtet, und nun starken Erschütterungen unterworfen, auf kürzern Reisen mitgenommen, auf längeren Strecken mit der Post verschickt u. s w. Es wurde alsdann eine neue Reihe von Beobachtungen (im Januar bis März 1842) damit angestellt, deren Resultate, ähnlich wie vorhin geordnet, in der folgenden Tabelle II enthalten sind (A u. B sind wieder die unmittelbaren Beobachtungen, α u. β in den Columnen, Instrum. I bis III, die Coëfficienten durch Division dieser Beobachtungen in den wirklich stattgehabten Barometerstand abgeleitet).

(Siehe Tabelle II.)

Es ist leicht aus diesen Beobachtungen zu bestimmen, ob durch die stattgehabten Erschütterungen ein Instrument sich so verändert hat, daß um aus seinen nunmehrigen Angaben den wahren Barometerstand abzuleiten, die früher gefundenen Coëfficienten nicht mehr scharf anwendbar sind. Je weniger ein Instrument sich durch die Erschütterungen und den längeren Transport verändert hat, um so genauer müssen die Coëfficienten α u. β , und ebenso $\frac{B}{A}$, welche sich aus der zweiten Reihe von Beobachtungen ergeben, mit denjenigen Werthen übereinstimmen, welche wir aus der ersten Reihe von Beobachtungen dafür fanden. Aus der Tabelle II nun ergibt sich im Mittel (verglichen mit den früher aus Tabelle I im Mittel erhaltenen Resultaten)

	für Instrum. I.	Instrum. II.	Instrum. III
a	4,225 (früh. 4,216)	4,066 (früh. 4,052)	5,673 (früh. 5,673)
β	3,785 (- 3,780)	3,347 (- 3,342)	5,042 (- 5,044)
$\frac{B}{A} = \frac{a}{\beta}$	1,1160 (- 1,1156)	1,2148 (- 1,2124)	1,1252 (- 1,1247)

Wir sehen sogleich, daß durch die Erschütterungen bei den Instrumenten I und II eine gleichartige Veränderung stattgefunden hat; die Coëfficienten ergeben sich aus der zweiten Reihe von Beobachtungen merklich größer, als sie aus der ersten gefunden waren. (Bei dem

Instrument II finden wir diese Veränderung auch durch die Differenz der späteren Bestimmung der Grösse $\frac{B}{A}$ von der früheren deutlich angezeigt; bei den andern Instrumenten ist der Werth hierfür zu nahe = 1, als daß man sich seiner zur Controle der Unveränderlichkeit mit Sicherheit bedienen könnte.) Für das Instrument III hingegen finden wir die Coëfficienten entweder vollkommen genau mit den früheren Resultaten übereinstimmend, oder doch nur äußerst wenig davon abweichend; und diese Construction, die sich schon vorhin, was die Genauigkeit einzelner bald hintereinander angestellter Beobachtungen betrifft, als die vorzüglichste zeigte, bewährt sich nun auch für den längeren Gebrauch als die unveränderlichste.

Um näher zu zeigen, welchen Einfluß eine Veränderung des Instruments auf die Richtigkeit der damit angestellten Beobachtungen hat, wollen wir untersuchen, in wiefern man von der Wahrheit abweichende Resultate aus den in Tabelle II enthaltenen Beobachtungen erhalten hätte, wenn sie nach den früher, in der ersten Versuchsreihe, bestimmten Coëfficienten berechnet worden wären. In den Columnen der Tabelle II „abgeleiteter Barometerstand“ ist diese Rechnung ausgeführt; in den Ueberschriften dieser Columnen bedeuten also α und β die aus der ersten Beobachtungsreihe (Tabelle I) im Mittel gefundenen Coëfficienten. Wir wollen diese abgeleiteten Barometerstände im Allgemeinen mit den wirklich stattgehabten vergleichen.

Instrument I. Die Beibehaltung der früheren Coëfficienten hätte das Mittel der Barometerstände an den 16 Beobachtungstagen ergeben

aus den Beobachtungen an der Drahtspitze a zu 333",4
 $b - 333,6$
 während daß sich aus den zugehörigen Beobachtungen am Normalbarometer 334",1 als die richtige Zahl ergiebt.

Instrument II. Hier ergäbe die Beibehaltung der frü-

heren Coëfficienten das Mittel der Barometerstände an den 15 Beobachtungstagen

aus den Beobachtungen an der Drahtspitze *a* zu 332",7
b - 333",4

im Widerspruch mit den Beobachtungen am Normalbarometer, aus denen dafür 333,9 folgt.

Bei beiden Instrumenten, I und II, also hätte der Gebrauch der zuerst bestimmten Coëfficienten zur Berechnung der späteren Beobachtungen zu bedeutenden Irrthümern Anlaß geben können; die aus der ersten Beobachtungsreihe abgeleiteten Coëfficienten konnten für die zweite nicht mehr mit Gültigkeit gebraucht werden.

Bei dem *Instrumente III* hingegen behalten die durch die früheren Beobachtungen aufgesuchten Coëfficienten auch für alle späteren ihre Anwendbarkeit; die Berechnung der Beobachtungen in Tabelle II, mittelst der aus den Versuchen der Tabelle I abgeleiteten Coëfficienten giebt das Mittel der Barometerstände an den 24 Beobachtungstagen

aus den Beobachtungen an der Drahtspitze *a* zu 333",53
b - 333,70

übereinstimmend mit dem Resultate 333,55, welches die zugehörigen Beobachtungen am Normalbarometer im Mittel ergeben.

Das mittlere Resultat der Beobachtungen an dem abgekürzten Barometer III stimmt also mit dem, durch ein Barometer von gewöhnlicher Länge angezeigten, fast vollkommen überein. Ebenso aber geben auch die einzelnen Beobachtungen an diesem Instrumente, nach den früheren Coëfficienten berechnet, der Wahrheit sehr nahe kommende Resultate. Bei den in Tabelle II enthaltenen 24 Beobachtungen an der Drahtspitze *a*, differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten:

2 mal um mehr als 1 Linie (1", 0 und 1,3)

$$4 - \text{distance} - \text{delta} - \frac{1}{\pi} = (0.8 - 0.9)$$

18 - weniger - $\frac{1}{3}$ (0,0 - 0,4)

und bei den 24 an der Drahtspitze b angestellten Beobachtungen

2 mal um mehr als 1 Linie (1'',6)

$$6 = - \frac{1}{2} = (0.6 \text{ bis } 0.9)$$

16 - - weniger - $\frac{1}{2}$ - (0,0 - 0,5)

Die Differenzen stellen sich noch kleiner heraus, wenn man aus den Resultaten der zusammengehörigen Beobachtungen an a und b das Mittel nimmt, und dies mit dem wirklich stattgehabten Barometerstand vergleicht.

Die im Vorstehenden enthaltenen Erfahrungen scheinen mir genügend, um über die beste Construction des abgekürzten Barometers entscheiden zu lassen, und zugleich ein Urtheil zu gestatten, welchen Grad von Brauchbarkeit man überhaupt von dem abgekürzten Barometer erwarten kann, und in wiefern es allgemeinere Anwendung verdient.

Die Construction III (Fig. 10 Taf. II) ist diejenige welche nun allen Anforderungen, die man an ein Instrument dieser Art stellen kann, vollkommen genügt.

Die Verfertigung eines solchen Instruments ist einfach und leicht; sein Transport erfordert weder besondere Vorsicht, noch macht er den Reisenden sonst die kleinste Beschwerlichkeit; man kann es Tagelang in der Rocktasche mit sich führen, ohne dass es irgendwie die geringste Unbequemlichkeit verursacht; es ist klein und leicht; es ist dauerhaft, denn wie mich eigne Erfahrungen belehrten, hält es Erschütterungen und Stöße (z. B. beim Ausgleiten und Herabstürzen von bedeutenden Höhen) ohne Nachtheil aus, wobei jedes Barometer von ge-

wöhnlicher Länge unfehlbar zertrümmert würde.¹⁾ Ein solches Instrument eignet sich also namentlich für Excursionen, bei denen Höhenbestimmungen nicht zunächst beabsichtigt sind, oder wo über anzustellende Höhenmessungen noch kein bestimmter Plan vorliegt; wo es zweifelhaft ist, ob irgend ein Punkt sich biete, dessen Höhe kennen zu lernen von Interesse ist, oder wo man über die Natur der einzuschlagenden Wege noch in Ungewissheit ist u. s. w. Auf solche Excursionen nimmt man nicht leicht ein Reisebarometer von gewöhnlicher Länge mit, als dessen Sklaven bei dem Transport (falls es ein gutes Instrument ist) man sich doch immer betrachten kann; man nimmt es nur dann mit, wenn man die feste Absicht hat, eine Höhenbestimmung auszuführen, aber die Nothwendigkeit solcher Bestimmungen, die Gelegenheit

- 1) Die Vortheile eines abgekürzten Barometers, welches durch den Transport keine Beschädigungen erleiden kann, zeigen sich besonders, wenn man sich an die Fälle erinnert, wo Höhenbestimmungen unterlassen werden mussten, weil die Reisebarometer (von gewöhnlicher Construction) zerbrochen wären. Selbst den geübtesten Händen anvertraut, sind diese letzteren Instrumente nicht vollkommen zuverlässig, indem man bei Transport auf schwierigem Terrain nie mit Sicherheit darauf rechnen kann, sie unversehrt zu erhalten. Ein neueres Beispiel lieferte die Besteigung der Jungfrau durch Agassiz, Forbes u. m. a. im vorigen Jahre, wo keine Höhenmessung ange stellt werden konnte, weil während der letzten Tage vor der Besteigung von den vier Reisebarometern der Gesellschaft drei zerbrochen worden waren und in das vierte Luft eingedrungen war. — Mehr indes noch als von derartigen einzelnen, obgleich an sich interessanten Bestimmungen, hat wohl die Wissenschaft zu erwarten, wenn durch Erleichterung der Mittel, solche Bestimmungen vorzunehmen, mehr Höhenmessungen mit botanischen, mineralogischen und ähnlichen Excursionen verbunden werden; wenn man nicht hauptsächlich der Höhe solcher Orte, die durch ihre äußere Configuration ausgezeichnet sind, Aufmerksamkeit schenkt, sondern recht zahlreiche Bestimmungen anstellt, bis zu welcher Höhe gewisse Naturprodukte in bestimmter Form vorkommen. In dieser Beziehung namentlich scheint mir das abgekürzte Barometer seiner leichten Transportirbarkeit halber von Nutzen werden zu können.

dazu, läßt sich nicht immer voraussehen, und wichtige Erfahrungen sind deshalb gewiß schon in Menge der Wissenschaft entgangen. Ein abgekürztes Barometer aber kann man stets bei sich haben; ist eine Höhenbestimmung von Interesse, so hat man die Mittel dazu bei der Hand; war gar keine vorzunehmen, so hat das Mitnehmen des Instruments keine Unbequemlichkeit hervorgebracht und keiner andern Untersuchung ein Hinderniß in den Weg gelegt.

Die Angaben des Instruments lassen sich mit Leichtigkeit, in sehr kurzer Zeit, erhalten. Leicht ist überall eine Vorrichtung zum beobachten hergestellt, sei es auch nur durch einen in den Boden eingetriebenen Stock, an dem sich ein Haken befestigen läßt, wo man dann das Instrument, nach Angabe eines Senkels, senkrecht hängen kann.

Die Angaben des abgekürzten Barometers sind für den Zweck der Höhenbestimmung hinlänglich genau. Die Construction III giebt den Barometerstand mit Sicherheit auf $\frac{1}{2}$ Linie genau, wenn man die Beobachtungen einmal wiederholt. Es reicht dies für die meisten Fälle aus, denn andere Umstände sind bekanntlich bei Höhenmessungen noch außerdem von Einfluß, die nur unvollkommen in Rechnung gezogen werden können, und welche die Resultate in einer weiteren Gränze unsicher machen, als der Ungenauigkeit der Angaben unseres Instruments entspricht.¹⁾

1) Die meisten Höhenbestimmungen, namentlich in einzelnen Zusammenstellungen, sind mit einer Genauigkeit angegeben, die nur auf dem Papier existirt; wo es sich darum handelt, um wieviel z. B. eine Stadt höher liegt, als eine andre, ist die Angabe bis auf Zehnttheile eines Fußes beinahe ebenso lächerlich zu nennen, als wenn man den Horizontalabstand zweier bewohnten Orte in Zollen angeben wollte. Diese übermäßig exacten Zahlen sind meist durch Reduction auf andere Maafse erhalten worden; aber offenbar ist die allgemeine Angabe: ein Ort liegt 343 Toisen höher als ein anderer, nicht gleichbedeutend mit der Bestimmung dieses Höhenunterschieds zu 2058

Ein abgekürztes Barometer kann nie ein Barometer von gewöhnlicher Länge vollständig ersetzen, denn seine Angaben stehen denen des letzteren stets an Genauigkeit nach; aber in vielen Fällen wird doch das erstere mit ausnehmendem Vortheil für die Wissenschaft angewendet werden können. Das Barometer von gewöhnlicher Construction macht, vermöge seiner gröfsen Genauigkeit, das abgekürzte Barometer eben so wenig unnöthig, als der genauere Theodolith den Sextanten oder selbst die Winkelbussole nutzlos macht, oder als die grössere Genauigkeit der vollkommenen Chronometer den Gebrauch der minder genauen Uhren zu wissenschaftlichen Zwecken gänzlich ausschliesst.

Pariser oder 2115,4 Wiener Fuß, ob man gleich die Beziehungen zwischen diesen verschiedenen Maassen genau kennt; ebenso wenig als man statt der Angabe: ein Ort liegt Eine preussische Meile von einem anderen entfernt, mit gleicher Richtigkeit den Abstand zu 23113,0 Par. Fuß setzen kann. Es liegt so nahe, durch die Art eine Grösse auszudrücken, auch zugleich die Genauigkeit anzudeuten, die man der Bestimmung dieser Grösse zutraut. Bei Beobachtungen, wo durch genauen Calcül die Fehlergränze bestimmt wird, ist dieses Festhalten an der Art der Bezeichnung nicht so nothwendig, aber bei vielen Angaben leidet die Brauchbarkeit sehr durch planlose Zifferanzahl. Ich habe schon früher (dies. Annalen, Bd. LII, S. 261) hierauf aufmerksam gemacht, und der Gegenstand scheint mir wichtig genug, um darauf zurückzukommen. — Das Decimalsystem giebt das beste Mittel ab, die Gränzen der Zuverlässigkeit einer Beobachtung anzudeuten, wenn man durch die Anzahl der Decimalstellen die Genauigkeit ausdrückt. Viele aber, und namentlich viele Sammler von Beobachtungen, sehen es für vollkommen gleichgültig an, ob man z. B. die Dichtigkeit eines Körpers durch, 2 oder durch 2,0, oder durch 2,000 u. s. f. angibt. Aber die Angabe 2 bedeutet, dass nach den Beobachtungen die Dichtigkeit des fraglichen Körpers zwischen 1,5 und 2,5 fällt; die 2,000 hingegen, dass sie zwischen 1,995 und 2,005 fällt. Würde man sich über diese Bezeichnungsart vereinigen, so könnte man die Angaben besser benutzen als jetzt, wo in den meisten Fällen die näheren Data nicht angegeben sind, und nur der Name des Beobachters ein Urtheil gestattet; alle Angaben werden an Brauchbarkeit gewinnen, ohne an Werth zu verlieren, wenn der unnöthige Luxus wegfällt, den man so oft bei Rechnungen und namentlich bei Reductionen mit Decimalstellen treibt.

Auf gröfseren Expeditionen wird man wohl thun, öftere Beobachtungen am abgekürzten Barometer gleichzeitig mit solchen an einem gewöhnlichen Reisebarometer vorzunehmen, um so die Gränzen der Uebereinstimmung zwischen beiden Instrumenten fort dauernd im Auge zu behalten und urtheilen zu können, welchen Grad von Genauigkeit man den aus den ersteren erhaltenen Resultaten beilegen kann.

II. Versuch einer inductorischen Entwicklung der Undulationstheorie; von Dr. E. Schmid.

Privatdocent an der Universität zu Jena.

(Fortsetzung von S. 406.)

II. Lichtfortpflanzung.

§. 9.

Für die Betrachtungen der vorigen §§. genügte es, nachgewiesen zu haben, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine gleichförmige sey; ihr absoluter Werth war gleichgültig. Jetzt soll der Umstand mit in Frage gezogen werden, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so wie auch die Polarisation in vielen durchsichtigen Mitteln abhängig ist von der Richtung der Strahlen, dass sich diese Richtung und zugleich die Polarisation ändern kann beim Uebergange eines Strahles aus einem Mittel in ein anderes. Die Gesetze dieser Erscheinungen sollen für 2axig doppelt brechende Mittel erörtert werden; denn es wird sich zeigen, dass die für diesen Fall gültigen Ausdrücke die allgemeinsten sind, und diejenigen für die anderen Fälle mit umfassen. Die Erfahrungssätze, an die sich der mathematische Ausdruck hier anknüpfen muss, sind übrigens nicht alle vollständig und streng erwiesen.

A. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen.**§. 10.**

1) Durch Beugungsversuche, deren Gesetze aus §. 7 entwickelt werden können, haben Arago und Fresnel bewiesen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Mittel im umgekehrten Verhältnisse des jetzigen Brechungsexponenten stehe. Gegen diesen Satz lässt sich von keiner Seite her ein Zweifel erheben.

2) Jede Richtung im Innern eines 2axigen Krystalles wird von 2 Strahlenarten verfolgt, von sogenannten ordentlichen und außerordentlichen Strahlen. Diese Strahlen haben verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten (v u. v'), die durch folgendes Gesetz mit einander verknüpft sind

$$\frac{1}{v'^2} - \frac{1}{v^2} = C \sin u \cdot \sin u' \dots \dots \quad (14)$$

wobei C eine constante Größe, u u. u' die Winkel bezeichnen, unter denen die den Strahlen gemeinschaftliche Richtung gegen die Axen der konischen Brechung geneigt ist.

Dieses Gesetz wurde bekanntlich zugleich von Biot und Brewster aufgestellt, aber von beiden nicht rein erfahrungsmässig erfunden und keiner allseitigen Prüfung unterworfen. Auch bezogen beide Physiker die Winkel u u. u' nicht auf die später erst erkannten Axen der konischen Brechung, sondern auf die optischen Axen; allein die Divergenz beider Richtungen ist in den meisten Fällen so klein, dass sie für den Versuch als zusammenfallend angesehen werden können.

3) In einem 2axigen Krystalle lassen sich 3 Ebenen (Hauptschnitte) auffinden, in denen der eine senkrecht gegen sie polarisierte Strahl eine constante Geschwindigkeit behält. Diese Ebenen schneiden sich unter rechten Winkeln, ihre Durchschnitte sind die sogenannten Elastizitäts- oder Polarisations-Axen, die wir in der Folge auch als Coordinat-Axen annehmen werden. Die constanten Geschwindigkeiten mögen heißen μ , ν , π ; μ entspreche

der kleinsten Geschwindigkeit, π der größten; der Hauptschnitt, in dem μ oder ν oder π constant bleibt, sey die Ebene XY , od. XZ , od. YZ . Ein Strahl in der Ebene XY , der ihr parallel polarisiert ist, hat in der Axe Y die Geschwindigkeit π , und wird um so langsamer, je mehr er sich in der Ebene XY gegen die Axe X neigt; in dieser Axe erreicht er die Geschwindigkeit ν . In der Ebene YZ hat ein ihr parallel polarisirter Strahl in der Richtung der Axe Y die Geschwindigkeit μ , seine Geschwindigkeit wächst mit der Neigung gegen die Axe Z bis ν . Endlich in der Ebene XZ hat ein ihr parallel polarisirter Strahl in der Richtung der Axe X die Geschwindigkeit μ , also eine kleinere als ν , in der Richtung der Axe Z die Geschwindigkeit π , also eine größere als ν , für die Zwischenlagen geht die Geschwindigkeit stetig von μ auf π über, muß also für irgend eine Richtung auch den Werth ν annehmen. In dieser Zwischenrichtung hätte der senkrecht und parallel zur Ebene XZ polarisierte Strahl gleiche Geschwindigkeit; wir bezeichnen dieselbe mit dem Namen „Axe der konischen Brechung“, und ihre Neigung gegen die Axe Z mit n .

Die letzten Sätze sind erfahrungsmäsig freilich nur an einer beschränkten Anzahl 2axiger Mittel vollständig geprüft worden; indessen ist dies mit größter Schärfe und Genauigkeit von Rudberg am Arragonit geschehen.

§. 11.

Vereinigen wir zuerst §. 10, 1 und 2 mit einander, so erhalten wir einen schärferen Ausdruck für Formel 14. Für die Richtung der Axe Y ist nämlich:

folglich

$$\frac{1}{v^2} - \frac{1}{\pi^2} = C$$

und

$$\frac{1}{v'^2} - \frac{1}{\nu^2} = \left(\frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\pi^2} \right) \sin u \cdot \sin u' \dots (15)$$

Ferner für die Richtung der Axe Z ist

$$v=\pi; v'=\nu; u=u'=n$$

$$\text{daher: } \frac{1}{\nu^2} - \frac{1}{\pi^2} = \left(\frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\pi^2} \right) \sin^2 n$$

und

$$\sin^2 n = \frac{\mu^2}{\nu^2} \left(\frac{\pi^2 - \nu^2}{\pi^2 - \mu^2} \right). \quad \dots \dots \dots (16)$$

Endlich in Richtung der Axe X

$$v=\nu; v'=\mu; u=90^\circ+n; u'=90^\circ-n,$$

folglich:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\nu^2} &= \left[\frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\pi^2} \right] \cos^2 n \\ \cos^2 n &= \frac{\pi^2}{\nu^2} \left[\frac{\nu^2 - \mu^2}{\pi^2 - \mu^2} \right]. \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (17)$$

Setzt man der Kürze wegen

$$\frac{1}{\nu^2} = t; \frac{1}{\nu'^2} = t'; \frac{1}{\mu^2} = f; \frac{1}{\nu^2} = g; \frac{1}{\pi^2} = h, \quad \dots \dots \dots (18)$$

so verwandeln sich Formel 15, 16 und 17 in:

$$t' - t = (f - h) \sin u \cdot \sin u' \quad \dots \dots \dots (19)$$

$$\sin^2 n = \frac{g - h}{f - h} \quad \dots \dots \dots (20)$$

$$\cos^2 n = \frac{f - g}{f - h}. \quad \dots \dots \dots (21)$$

Da t und t' abhängen von u und u' , so kann man die ersten Größen als Functionen der letzteren ansehen:

$$t = f(u, u') = f(U)$$

$$t' = f'(u, u') = f'(U').$$

Soll aber $f(U)$ und $f'(U')$ also auch U und U' in gewissen Fällen constant werden, so müssen in denselben entweder u und u' selbst constant werden, oder doch wenigstens so mit einander verknüpft seyn, dass ihre Verbindung einen constanten Werth erhält. Die Form dieser Verbindung lässt sich aus folgender Zusammenstellung errathen:

U wird constant
in der Ebene YZ , in welcher
ist $u=u'$, mithin

$$u-u'=Const.$$

in der Ebene XZ , zwischen
den Schenkeln des Winkels
 XCB , wofür $u=2n+u'$
mithin

$$u-u'=2n=Const.$$

U' wird constant
in der Ebene XY , in welcher
ist $u=180-u'$, folglich:

$$u+u'=Const.$$

in der Ebene XZ , zwischen
den Schenkeln des Winkels
 BCZ , wofür $u=2n-u'$
mithin

$$u+u'=2n=Const.$$

Wir schließen hieraus, dass U und U' entweder
gleich $u-u'$ und $u+u'$ sind, oder sich doch wenigstens
in den eben besprochenen Fällen auf diese Größen re-
duciren lassen. Weiter führt uns vor der Hand keine
Erfahrung; wir wählen deshalb unter beiden möglichen
Annahmen die mathematisch einfachste, und setzen

$$U=u-u'; U=u+u'.$$

Die mathematische Induction bleibt hier freilich eine un-
vollständige, hat aber ihrer Einfachheit wegen schon ei-
nen höheren Grad von Wahrscheinlichkeit, und führt,
wie wir später sehen werden, zu den sonderbaren Fol-
gerungen der konischen Brechung, die durch den Ver-
such auf das Ueberraschendste bestätigt worden sind.
Rechnen wir nun unter der Annahme

$$t=f(u-u'); t'=f'(u+u')$$

weiter, so haben wir für die Richtung CB in der Ebene
 XZ nach dem Obigen:

$$t=f(2n)=g; t'=f'(2n)=g,$$

und daraus ergiebt sich sogleich, dass in t und t' die
Functionsformen dieselben seyn müssen, d. h., dass:

$$t=f(u-u'); t'=f(u+u').$$

Entwickeln wir beide Funktionen:

$$f(u-u')=f(u)-\frac{df(u)u'}{du}\frac{1}{1}+\frac{d^2f(u)}{du^2}\frac{u'^2}{1.2}-\frac{d^3f(u)}{du^3}\frac{u'^3}{1.2.3}+\dots$$

$$f(u+u')=f(u)+\frac{df(u)u'}{du}\frac{1}{1}+\frac{d^2f(u)}{du^2}\frac{u'^2}{1.2}+\frac{d^3f(u)}{du^3}\frac{u'^3}{1.2.3}+\dots$$

so wird

$$f(u+u') - f(u-u') = 2 \left\{ \frac{df(u)}{du} \frac{u'}{1} + \frac{d^3 f(u)}{du^3} \frac{u'^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \dots \right\} = t' - t.$$

Und nach Gleichung 19, wenn wir $\sin u'$ nach u' in eine Reihe entwickeln

$$(f-h) \sin u, \sin u' = (f-h) \sin u \left\{ \frac{u'}{1} - \frac{u'^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{u'^5}{1 \cdot 3 \cdot 5} - \dots \right\} = t' - t$$

daher

$$2 \frac{df(u)}{du} = (f-h) \sin u$$

$$2 \frac{d^3 f(u)}{du^3} = -(f-h) \sin u$$

$$2 \frac{d^5 f(u)}{du^5} = (f-h) \sin u$$

u. s. f.

wird hier integriert; so ergibt sich:

$$f(u) = C - \frac{f-h}{2} \cos u$$

$$f(u+u') = C - \frac{f-h}{2} \cos(u+u') = t'$$

$$f(u-u') = C - \frac{f-h}{2} \cos(u-u') = t.$$

Die Integretions-Constante C finden wir durch Be- trachtung eines einzelnen Falles; für die Ebene $X Y$ (Taf. III Fig. 4) ist nämlich

$$t' = f = C - \frac{f-h}{2}$$

oder

$$C = \frac{f+h}{2}$$

daher

$$t' = \frac{f+h}{2} - \frac{f-h}{2} \cos(u+u')$$

$$t = \frac{f+h}{2} - \frac{f-h}{2} \cos(u-u')$$

oder wenn wir beide Größen t und t' unter dem gemeinsamen Zeichen t begreifen

$$\begin{aligned} t &= \frac{f+h}{2} - \frac{f-h}{2} \left\{ \cos u \cdot \cos u' - \sin u \cdot \sin u' \right\} \dots (22) \\ t &= \frac{f+h}{2} \\ &- \frac{f-h}{2} \left\{ \cos u \cdot \cos u' - \sqrt{1 + \cos^2 u \cdot \cos^2 u' - \cos^2 u - \cos^2 u'} \right\} \\ \text{daher} \quad &\left\{ 1 + \frac{f-h}{2t} \cos u \cdot \cos u' - \frac{f+h}{2t} \right\}^2 \\ &= \frac{(f-h)^2}{4t^2} \left\{ 1 + \cos^2 u \cdot \cos^2 u' - \cos^2 u - \cos^2 u' \right\} \end{aligned}$$

und ordnet man dies nach $\frac{1}{t}$:

$$\begin{aligned} \frac{1}{t^2} \left\{ fh + \frac{(f-h)^2}{4} (\cos^2 u + \cos^2 u') - \frac{f^2 - h^2}{2} \cos u \cdot \cos u' \right\} \\ - \frac{1}{t} \left\{ f+h - (f-h) \cos u \cdot \cos u' \right\} + 1 = 0 \end{aligned}$$

In dieser Gleichung führe man für die Winkel u und u' die Neigung der Strahlenrichtung (α, β, γ) und der Axen konischer Brechung ($90^\circ \pm n, 90^\circ, \mp n$) gegen die Coordinataxen X, Y, Z ein. Man hat nämlich

$$\cos u = -\cos \alpha \cdot \sin n + \cos \gamma \cdot \cos n.$$

$$\cos u' = +\cos \alpha \cdot \sin n + \cos \gamma \cdot \cos n.$$

und wenn man aus Gl. (20) und (21) für $\cos n$ und $\sin n$ die Werthe einsetzt

$$\cos u \cdot \cos u' = \frac{-\cos^2 \alpha (g-h) + \cos^2 \gamma (f-g)}{f-h}$$

$$\frac{\cos^2 u + \cos^2 u'}{2} = \frac{\cos^2 \alpha (g-h) + \cos^2 \gamma (f-g)}{f-h}.$$

Dies in obige Gleichung eingesetzt gibt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{t^2} \left\{ fh + \frac{(f-h)}{2} (\cos^2 \alpha (g-h) + \cos^2 \gamma (f-g)) \right. \\ \left. - \frac{f+h}{2} (\cos^2 \gamma (f-g) - \cos^2 \alpha (g-h)) \right\} \\ - \frac{1}{t} \left\{ f+h + \cos^2 \alpha (g-h) - \cos^2 \gamma (f-g) \right\} + 1 = 0 \end{aligned}$$

oder

$$\frac{1}{v^2} \left\{ \frac{\cos^2 \alpha}{h} + \frac{\cos^2 \beta}{g} + \frac{\cos^2 \gamma}{f} \right\} - \frac{1}{l} \left\{ \frac{\cos^2 \alpha}{h} \left(\frac{1}{g} + \frac{1}{f} \right) + \frac{\cos^2 \beta}{g} \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{f} \right) + \frac{\cos^2 \gamma}{f} \left(\frac{1}{g} + \frac{1}{h} \right) \right\} + \frac{1}{f.g.h} = 0$$

und mit Rücksicht auf Gl. (18)

$$\left. \begin{aligned} v^4 & \left\{ \pi^2 \cos^2 \alpha + v^2 \cos^2 \beta + \mu^2 \cos^2 \nu \right\} \\ & - v^2 \left\{ \pi^2 \cos^2 \alpha (\nu^2 + \mu^2) + v^2 \cos^2 \beta (\pi^2 + \mu^2) \right. \\ & \left. + \mu^2 \cos^2 \gamma (\pi^2 + v^2) \right\} + \pi^2 v^2 \mu^2 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

oder

$$\frac{\pi^2 \cos^2 \alpha}{v^2 - \pi^2} + \frac{v^2 \cos^2 \beta}{v^2 - \nu^2} + \frac{\mu^2 \cos^2 \nu}{v^2 - \mu^2} = 0 \quad \dots \quad (24)$$

Dies ist die Gleichung der Wellenfläche, wie sie von Fresnel aus seiner Hypothese abgeleitet wurde; sie bestimmt den geometrischen Ort der Endpunkte aller Strahlen, die zugleich von irgend einem Punkte im Innern eines 2axigen Mittels sich in demselben ausbreiten. Für jeden bestimmten Werth von α, β, γ giebt sie zwei Werthe von v^2 , die den ordentlichen und den außerordentlichen Strahlen angehören.

Setzt man $\frac{\mu}{\pi} = \nu$ so verwandelt sich Gl. (23) in:

$$\left\{ v^2 - \frac{\mu^2}{\pi^2} 2 \right\} \left\{ \pi^2 v^2 \cos^2 \alpha + \frac{\mu^2}{\pi^2} \cos^2 \beta + \mu^2 \cos^2 \gamma - \mu^2 \pi^2 \right\} = 0 \quad (25)$$

Der Ausdruck für $\cos n$ Gl. (17), wird

$$\cos n = 0; n = 90^\circ; 2n = 180^\circ$$

und da der Ausdruck für den halben Winkel zwischen optischen Axen (n') der jetzt üblichen Erklärung nach ist:

$$\cos n' = \frac{\nu}{\mu} \cos n',$$

so wird auch

$$n' = 90^\circ; 2n' = 180^\circ,$$

d. h. die beiden optischen Axen fallen zusammen, in dem der Kugel und dem Ellipsoid, Gl. (25), gemeinschaftlichen

Durchmesser. Dies ist wieder das Huyghens'sche Gesetz, welches mit grösster Uebereinstimmung mit der Erfahrung für einaxig doppeltbrechende Mittel gilt.

Setzt man endlich $\pi = \nu = \mu$, so erhalten wir anstatt Gl. (23)

$$v^2 - \mu^2 = 0 \dots \dots \dots \quad (26)$$

und

$$\sin n = \sin n' = \frac{0}{0}$$

d. h. die Wellenfläche ist eine Kugel, und es giebt keine optische Axe. Die Bedingung gilt für einfachbrechende Mittel, wie längst bekannt.

B. Richtung der Strahlen; Brechung.

§. 12.

Nachdem wir im vorigen §. gezeigt haben, in welcher Weise die Geschwindigkeit eines Strahles von seiner Richtung abhängt, fragen wir weiter, welche Richtung einem unpolarisierten Strahle angehöre, der in ein anderes Mittel eintritt. Gehen wir hier von den einfacheren Fällen der einfachen und einaxig doppelten Brechung aus, und sprechen die für diese Fälle gültigen Regeln in der allgemeinsten Weise aus, so ist diese, vorausgesetzt, dass die Trennungsfläche beider Mittel eben sey, folgende:

Man verlängere den Strahl in das neue Mittel hinein um eine beliebige Länge; nehme den Einfallspunkt zum Anfangspunkt der Coordinaten, und lege dieselben parallel den Elasticitätsachsen des neuen Mittels; schneide von diesen Axen Stücke ab, die sich zu einander und zur Verlängerung des Strahles verhalten, wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in den respectiven Richtungen zu einander und zu der im alten Mittel; und construire über diesen Axen die Wellenfläche, Gl. (25), und (26). Nun lege man durch den Endpunkt der Verlängerung des Strahles eine Normalebene; erweitere die-

selbe bis zu ihrem Durchschnitte mit der Trennungsebene der Mittel; und durch den Durchschnitt legt man Berührungsebenen an die Wellenfläche. Die Radii vectores vom Einfallspunkte an die Berührungspunkte gezogen, bestimmen die Richtungen der gebrochenen Strahlen.

Indem eine weitere Ausführung dieser Regel hier unpassend seyn würde, schreiten wir sogleich zur Verallgemeinerung derselben. Keine Analogie liegt näher und ist naturgemäßser, als die, auch zweiaxig doppeltbrechende Mittel unter demselben Gesetze zu betrachten, wie die übrigen; und glücklicher Weise bietet sich uns zur Prüfung derselben leicht eine Gelegenheit.

Setzt man nämlich in Gl. (23) $\cos \beta = 0$, so erhält man $(v^2 - \nu^2)(v^2(\pi^2 \cos^2 \alpha + \mu^2 \cos^2 \gamma) - \pi^2 \mu^2) = 0$ d. h. einen Kreis vom Halbmesser ν und eine Ellipse mit den Axen π und μ . Da aber ν zwischen π und μ liegt, so muß die Ellipse und der Kreis sich an 4 Punkten durchschneiden. Nach Fresnels Ansicht gehörten diesen Punkten (5) je 2 Berührungsebenen, bezüglich auf Kreis und Ellipse; und folglich mußte die Richtung Cs (Fig. 5 Taf. III) zwei einfallenden Strahlen (RC u. $R'C$) gemeinschaftlich seyn. Allein Hamilton's analytische Untersuchungen ergeben, daß die Wellenfläche in den Punkten s vier concave Hörner habe, und ferner, daß eine in s' und s'' (Fig. 6 Taf. III) beiden Theilen der Wellenfläche gemeinschaftliche Berührungsebene die Wellenfläche in einem Kreise berühre, dessen Ebene senkrecht auf Cs' , und dessen Durchmesser $s's''$ sey. Der Richtung Cs (Fig. 5 Taf. III) im Innern des Krystalles müßte demnach beim Eintritt und Austritt ein System von Strahlen entsprechen, deren geometrischer Ort der Mantel eines Kegels zweiter Ordnung ist; denn in einem solchen liegen die zu den in s möglichen Berührungsebenen gehörigen Normalen. Und ein Strahl, für den unsere Construction die Berührungsebene $Ts''s'$

(Fig. 6 Taf. III) giebt, müfste sich im Innern in einen Strahlenkegel auflösen, mithin beim Austritte in den Mantel eines Cylinders. — Beide Folgerungen haben sich vollkommen durch Lloyd's Versuche bestätigt.

Denken wir uns nicht einen einfallenden einzelnen Strahl, sondern ein System von einfallenden Strahlen, deren Endpunkte in einer auf ihrer Richtung senkrechten Ebene liegen, so wird die Lage eines solchen Systems nach der Brechung durch unsere obigen Berührungsgebene selbst bezeichnet. Wir nennen dergleichen Systeme *ebene Wellen*, und messen ihre Geschwindigkeit senkrecht auf ihre Ebene. Die Normalen (ω) zu den Berührungsgebene unserer Wellenflächen sind aber, wenn a, b, c die Cosinus der Neigungswinkel sind, unter welchen die Normale der einfallenden Wellenebene gegen die Elasticitätsachsen geneigt ist, durch folgende Gleichung gegeben

$$\frac{a^2}{\omega^2 - \pi^2} + \frac{b^2}{\omega^2 - \nu^2} + \frac{c^2}{\omega^2 - \mu^2} = 0 \dots \dots \quad (27)$$

Die Geschwindigkeit der zwei durch Doppelbrechung aus einer einfallenden ebenen Welle entstandenen wird vor gestellt durch den Doppelwerth von ω und die Fläche deren Gleichung (25), würde eingehüllt werden von allen Ebenen, die der Gleichung (27) entsprechen. Auf diesem Wege fand auch Fresnel die erstere Gleichung aus der letzteren.

C. Polarisation der Strahlen.

S. 13.

Was endlich die Polarisationsebene betrifft, welche jeder gegebenen Strahlenrichtung in einem durchsichtigen Mittel entspricht, so hat Biot für den allgemeinsten Fall der Brechungsart, d. h. für zweiaxig doppelbrechende Mittel folgendes Gesetz erfahrungsmäfsig aufgestellt:

„Man lege Ebenen durch die Richtung des Strahles und eine jede der optischen Axen, und halbire die

Winkel zwischen diesen Ebenen durch zwei andere. Bezeichnet man dann die langsameren Strahlen als die außerordentlichen, so ist die den spitzen oder stumpfen

Winkel halbirende Ebene die Polarisationsebene des Strahls, wenn derselbe ein ordentlicher aufserordentlicher und die doppelbrechende Kraft des Mittels positiv oder negativ ist.“

Biot's Gesetz schliesst in gleicher Weise, wie dies hinsichtlich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit stattfand, die übrigen Fälle in sich; es vereinfacht sich für einaxig doppelbrechende und einfachbrechende Mittel in bekannter Weise; doch ist es für uns nicht nöthig, die Ausführung ins Einzelne zu verfolgen. Bei einaxig doppelbrechenden Mitteln gewinnt der Ausdruck ordentlicher und aufserordentlicher Strahlen erst wesentliche Bedeutung, aber freilich nicht der oben gemachten rein willkürlichen Annahme gemäss.

Von grosser Wichtigkeit wird für die endliche Feststellung der Theorie der mathematische Ausdruck, den man für das angegebene Erfahrungsgesetz unter gewissen Vernachlässigungen erhält. Setzen wir nämlich anstatt der Strahlen die Normalen der zu ihnen gehörenden ebenen Wellen ein, so wird die Lage der Polarisationsebene dadurch vorausbestimmt, dass man durch den Mittelpunkt des sogenannten Fresnelschen Ellipsoides parallel mit der Ebene der Welle einen Schnitt führt und die Hauptachsen der so entstandenen elliptischen Schnittfigur aufsucht; die durch diese Hauptachsen und die Wellennormale gelegten Ebenen entsprechen dann den Polarisationsebenen der ordentlichen und außerordentlichen ebenen Welle. Die oben erwähnte Vernachlässigung werden wir uns aber um so mehr erlauben können, je näher sich in den untersuchten Fällen die Werthe von μ , ν und π stehen. Sind nämlich μ , ν und π nur wenig von einander verschieden, so wird die Wellenfläche,

Gl. (23), fast zur Kugel, und demzufolge weicht die Richtung der Normale eines Radiusvectors, d. h. die Richtung der Normale einer ebenen Welle und des zu ihr gehörigen Strahls, nur um eine Grösse von einander ab, welche die Gränzen der Beobachtungsfehler nicht überschreitet. Die Gleichung des Fresnelschen Ellipsoides ist

$$\rho^2 = \mu^2 \cos^2 Z + \nu^2 \cos^2 Y + \pi^2 \cos^2 X, \dots \quad (28)$$

in welcher ρ den Radiusvector, X, Y, Z seine Neigung gegen die Elasticitätsachsen bedeuten. Zugleich stellen die Hauptaxen der Schnittfiguren des Fresnel'schen Ellipsoides geometrisch die beiden Werthe von ω , Gl. (27), dar, wenn die ebene Welle deren Geschwindigkeit ω misst, dem Schnitte parallel ist. Die Auffindung dieser Relationen verdankt man dem Scharfsinne Fresnel's; die nöthigen Nachweisungen sind von ihm so vollständig gegeben worden, dass man blos zu wiederholen brauchte.

III. Vereinigung der Schwingungs- und Fortpflanzungs-Gesetze.

§. 14.

Ihren Abschluss finden die inductorischen Betrachtungen in der Auffassung des Zusammenhanges zwischen der Schwingungsweise des Lichtäthers und der Schnelligkeit, mit der sich diese Schwingungen fortpflanzen. Ehe wir aber diese Untersuchungen genügend erledigen können, ist es nöthig, eine bis jetzt unentschiedene Frage zu beantworten. Unsere früheren Betrachtungen (§. 6) haben uns nämlich nur so viel gelehrt, dass die Aetherschwingungen entweder senkrecht gegen die Polarisationsebene gerichtet sind, oder parallel mit derselben erfolgen. Fresnel sah die erstere dieser beiden möglichen Annahmen als die gültige an; er bediente sich ihrer bei der Lösung der Aufgabe, die Intensität des gebrochenen und gespiegelten Lichtes zu bestimmen, und gelangte zu

Formeln, welche mit der Erfahrung auf das beste harmonirten; allein dazu bedurfte er noch einer Hülfshypothese, die seinen eigenen späteren Entdeckungen widersprach. Er setzte nämlich voraus, daß der Aether in verschiedenen Medien sich nur durch seine Dichte, nicht durch seine Elasticität unterscheide; und dies läßt sich mit der Natur doppelbrechender Medien durchaus nicht vereinbaren, ohne Einschiebung künstlich „und zum Theil falsch“ atomistischer Vorstellungen. Neumann hat deshalb die Fresnel'sche Lehre umgearbeitet, und dieselben Resultate erhalten, indem er den Unterschied der Medien nicht in der Dichte, sondern vielmehr in der Elasticität des Aethers suchte, dabei aber die Richtung der Aetherbewegung in die Polarisationsebene legte. Vor der Hand wird man also dieser letzteren Ansicht von der Richtung der Aetherschwingungen beizupflchten haben.

§. 15.

Wir wollen nun zuvörderst die Bedingungen aufsuchen, unter denen der Radiusvector (ϱ) des Fresnel'schen Ellipsoides, Gl. (28), zur Hauptaxe eines Schnittes wird.

Die Gleichung einer durch den Mittelpunkt des Fresnel'schen Ellipsoides gehenden Ebene ist

$$x = B \cdot y + C \cdot z \dots \dots \dots \quad (29)$$

wo der Kürze halber für $-\frac{b}{a}$ und $-\frac{c}{a}$ (§. 12) gesetzt worden ist B und C . Diese Ebene enthält aber auch den Radiusvector ϱ , folglich, Gl. (28),

$$\cos X = B \cdot \cos Y + C \cdot \cos Z \dots \dots \dots \quad (30)$$

Soll aber ϱ eine Hauptaxe des Schnittes werden, d. h. seinen größten oder kleinsten Werth annehmen, so muß

$$\frac{d\varrho}{dX} = 0 \text{ gesetzt werden, oder nach Gl. (28)}$$

$$\pi^2 \cos X \cdot \sin X + v^2 \cos Y \cdot \sin Y \cdot \frac{dY}{dX}$$

$$+ \mu^2 \cos Z \cdot \sin Z \cdot \frac{dZ}{dX} = 0 \dots \dots \dots \quad (31)$$

Aber nach Gl. (30) und wegen $\cos^2 X + \cos^2 Y + \cos^2 Z = 1$ ist

$$\begin{aligned}\frac{dY}{dX} &= \frac{\sin X(C \cdot \cos X + \cos Z)}{\sin Y(B \cdot \cos Z - C \cdot \cos Y)} \\ \frac{dZ}{dX} &= -\frac{\sin X(B \cdot \cos X + \cos Y)}{\sin Z(B \cdot \cos Z - C \cdot \cos Y)}.\end{aligned}$$

Diese Werthe in Gl. (31) eingesetzt geben

$$\begin{aligned}\pi^2 \cos X(B \cdot \cos Z - C \cdot \cos Y) + \nu^2 \cos Y(C \cdot \cos X + \cos Z) \\ - \mu^2 \cos Z(B \cdot \cos X + \cos Y) &= 0 \dots (32)\end{aligned}$$

Und daraus wären die bestimmten Werthen von B u. C , d. h. bestimmten Werthen von a , b , c entsprechenden X , Y , Z zu suchen.

Es sei nun nochmals erlaubt, die Richtung der Strahlen und der Normalen der zu ihnen gehörigen ebenen Wellen zu vertauschen, oder die Richtung der Aetherbewegung nicht senkrecht gegen den Strahl, sondern in die Ebene der Welle zu legen. Alsdann ist es uns möglich, die Kraft zu bestimmen, die durch die Aetherschwingungen rege gemacht wird, und vermöge welcher der Aether seine geradlinigen Schwingungen vollführt. Diese Kraft, welche wir mit Fresnel die Resultante aus der Elastizität des Mittels nennen, muss entweder in der Richtung der Schwingungen thätig seyn, oder doch wenigstens nur in Componenten zerfallen, parallel der Aetherschwingung und senkrecht gegen die ebene Welle; denn wenn die senkrecht gegen die Aetherschwingung gerichtete Componente nicht zugleich senkrecht auf der ebenen Welle steht, so lässt sie sich wiederum zerlegen parallel und senkrecht gegen die ebene Welle. Die parallele Componente würde aber zur Folge haben, dass nach und nach die Schwingungen eine andere Richtung annähmen, oder dass sich mit der Zeit die Polarisationsebene eines Strahles in ein und denselben Mittel änderte, und dagegen spricht die Erfahrung; hingegen die auf der ebenen Welle senkrechte Componente würde in keiner Weise die Bewegungen in der ebenen Welle stören, ihre Wirkungen würden nach §. 6 einem anderen Phänomen, als dem des

Lichtes angehören. Danach können wir, wie folgt, weiter gehen.

Es sey die Gleichung einer durch die Aetherschwingung, oder den Radiusvector ϱ und durch die Elastizitätsresultante gelegten Ebene:

$$x = B \cdot y + C z, \dots, v_3, \dots, (33)$$

dieselbe enthält den Radiusvector ρ , folglich:

$$\cos X = B \cos Y + C \cos Z, \dots \dots \dots \quad (34)$$

und zugleich die Resultante aus der Elasticität des Mittels (R), deren Componenten nach unseren Coordinatenachsen seyen ξ , η , ζ , folglich:

Aus Gleichung (34) und (35) lassen sich die Werthe von B' und C bestimmen; sie sind:

$$B = \frac{\xi \cdot \cos Z - \zeta \cdot \cos X}{\eta \cdot \cos Z - \zeta \cdot \cos Y} \dots \dots \dots (36)$$

$$C = \frac{\eta \cdot \cos X - \xi \cdot \cos Y}{\eta \cdot \cos Z - \zeta \cdot \cos Y}$$

Diese Werthe dienen zur Bestimmung von ξ , η , ζ . Die Ebene, deren Gleichung (33), soll nämlich senkrecht stehen auf der Ebene deren Gleichung (29), so dass

$$BB+CC+1=0;$$

setzt man aber hier für B und C die Werthe aus Gl. (36), so erhält man nach gehöriger Umstellung:

$$\xi(B \cos X - C \cos Y) + \eta(C \cos X + \cos Z)$$

$$-\zeta(B \cdot \cos X + \cos Y) = 0,$$

eine Formel, die sich mit Gl. (32) leicht vergleichen lässt, und aus welcher hervorgeht, dass

$$\xi = \pi^2 \cos X; \quad \eta = \nu^2 \cos Y; \quad \zeta = \mu^2 \cos Z \quad \dots \quad (37)$$

oder

$$R = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2} \\ = \sqrt{\pi^4 \cos^2 X + \nu^4 \cos^2 Y + \mu^4 \cos^2 Z}.$$

Die Cosinus der Neigungswinkel von R gegen die Coordinataxen müssen aber seyn

$$\frac{\pi^2 \cdot \cos X}{R} \frac{v^2 \cos Y}{R} \frac{\mu^2 \cdot \cos Z}{R}$$

und deshalb der Cosinus des Winkels, zwischen der Aetherschwingung und Elasticitätsresultante:

$$\cos(R, \varrho) = \frac{\pi^2 \cdot \cos^2 X + \nu^2 \cdot \cos^2 Y + \mu^2 \cdot \cos^2 Z}{R}$$

So muss endlich die den Aetherschwingungen parallele Componente der Elasticitätsresultante seyn

$$R \cdot \cos(R, \varrho) = \pi^2 \cdot \cos^2 X + \nu^2 \cdot \cos^2 Y + \mu^2 \cdot \cos^2 Z$$

oder mit Rücksicht auf Gl. (28)

$$R \cdot \cos(R, \varrho) = \varrho^2$$

oder auch nach §. 13

$$R \cdot \cos(R, \varrho) = \omega^2. \dots \dots \dots \quad (38)$$

Fast man diese letzte Gl. in Worte, so besagt sie, dass die den Aetherschwingungen parallele Componente der Elasticitätsresultante proportional sey dem Quadrat der Geschwindigkeit, mit der sich die ebene Welle, in welcher die Schwingungen stattfinden, fortpflanzt. Endlich geht noch aus der Gl. (37) hervor, dass die jedesmalige Elasticität sich auf drei senkrechte Componenten μ , ν , π zurückführen lasse, und dass diese Componenten der Richtung nach mit den Durchschnitten unserer Hauptschnitte (§. 10, 3) zusammenfallen.

Dies sind die ersten Principien der Undulationstheorie. Wir verdanken ihre Kenntniß Fresnel, dessen genialer Scharfsinn zu ihrer Auffindung nicht den mühsamen und langsamten Weg zu verfolgen brauchte, den wir in dieser Abhandlung eingeschlagen haben.

*III. Von den überzähligen Regenbögen;
vom Prof. W. H. Miller in Cambridge.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Transact. of the Cambridge Phil. Society*. Vol. VII Pt. III.)

Der sechste Band der *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* enthält eine Abhandlung des Königlichen Astronomen über die Intensität des Lichts in der Nachbarschaft einer Brennlinie¹), in welcher die relativen Abstände der hellsten Theile im ersten überzähligen Bogen (*spurious bow*), und des ersten und zweiten dunklen Ringes von dem geometrischen Ort des Bogens bestimmt sind durch Rechnungen gegründet auf die Undulationstheorie. Die Zahlen, welchen er diese Abstände proportional findet, sind:

Hellster Theil des Bogens	1,08
Dunkler Ring zwischen dem Bogen und dem ersten überzähl. Bogen	2,48
Hellster Theil des ersten überzähligen Bogens	3,47
Dunkler Ring zwischen dem ersten und zweiten überzähligen Bogen	4,44 (wahrscheinl.).

Es geht auch hervor, dass die Helligkeit sich jenseits der Stelle des geometrischen Bogens ausdehnt, indem die Lichtstärke daselbst etwa 0,442 von der Stärke am Punkte des Helligkeits-Maximums ist.

Um diese Resultate mit der Beobachtung zu vergleichen, wandte ich die Methode an, welche Hr. Babinet zur Darstellung von Regenbögen und den begleitenden überzähligen Bogen erfunden hat (Poggendorff's Annalen, Bd. XLI S. 139). Wenn ein Lichtbündel horizontal durch

1) S. Airy's Abhandlung in den Annal., Ergänzungsbd. S. 232. P.

einen schmalen aufrechten Schlitz geht und auf einen senkrechten cylindrischen Wasserstrahl fällt, so sind, sowohl mit blosem Auge als mittelst eines Fernrohrs, Stücke vom Haupt- und Nebenregenbogen (primären und secundären Bogen) und von einer grossen Anzahl überzähliger Bogen sichtbar, die eine Reihe senkrechter Farbenstreifen bilden, in einer horizontalen Linie von der Rechten zur Linken des Punkts, der dem, von welchem das Licht ausgeht, gegenüberliegt. Ein getheilter Kreis, der horizontal, mit seinem Mittelpunkt in der Axe des Wasserstrahls gestellt ist, trägt parallel mit seiner Ebene ein kleines Fernrohr, das mit seinem Objectiv etwa einen Zoll von der Axe des Kreises absteht, und dazu dient, die Winkel zwischen der Lichtlinie und jeden der hellen Streifen zu messen.

Der Durchmesser des Wasserstrahls wurde folgendermaßen bestimmt. Eine Linse von etwa 0,77 Zoll Brennweite wurde zwischen dem Objectiv des Fernrohrs und dem Strahl, entfernt um ihre Brennweite von der Axe des letzteren, aufgestellt, und der Winkel, welchen der Durchmesser des durch die Linse gesehenen Strahls umspannte, gemessen. Dann wurde in den Brennpunkt der Glaslinse eine in Millimeter getheilte Glasskale aufgestellt, und der Winkel, den zwei um ein Millimeter von einander entfernte Linien bespannten, gemessen. Aus diesen beiden Winkeln konnte der Durchmesser des Strahls leicht berechnet werden.

Bei den ersten Beobachtungen betrug der Durchmesser des Wasserstrahls etwa 0,022 Zoll, und dabei ward Sonnenlicht angewandt. Die Vermischung der Farben machte es sehr schwer auf die hellsten Theile der Streifen einzustellen, besonders auf die den Hauptbogen entsprechenden.

Das Mittel aus acht Beobachtungen des primären und von zwei des secundären gab den Radius des hellsten Theils:

vom primären Bogen	41° 32'
von dessen erstem überzähligen Bogen	40° 27'
vom secundären Bogen	51° 58'
von dessen erstem überzähligen Bogen	53° 57'.

Wenn $3 \sin^2 \varphi = (2 + \mu)(2 - \mu)$ und $\mu \sin \varphi' = \sin \varphi$, so wird der Radius des geometrischen primären Bogens von der dem Index μ entsprechenden Farbe $= 4\varphi' - 2\varphi$; und wenn $8 \sin^2 \psi = (3 + \mu)(3 - \mu)$ und $\mu \sin \psi' = \sin \psi$, so wird der Radius des geometrischen secundären Bogens von der dem Index μ entsprechenden Farbe $= \pi + 2\psi - 6\psi'$.

Nach Fraunhofer¹⁾) liegt der hellste Theil des Sonnenspectrums zwischen den Linien **D** und **E**, und zwar entfernt von **D** um ein Drittel oder Viertel des Abstandes **DE**, und die Brechungsindexe von Wasser sind für die Linien **D** und **E** respective 1,33358 und 1,33585. Deshalb wird für den hellsten Theil des Sonnenspectrums der Brechungsindex des Wassers = 1,33424. Mithin sind die Radien der geometrischen primären und secundären Bogen respective 41° 53',9 und 51° 12',9.

Der Theorie nach verhalten sich die Abstände des hellsten Theils eines Bogens und seines ersten überzähligen Bogens von dem geometrischen Bogen wie die Zahlen 1,08 und 3,47. Bei dem primären Bogen ist der Unterschied zwischen dem Radius des ersten überzähligen und dem Radius des geometrischen Bogens = 1° 27'. Zufolge der Theorie ist daher der Abstand des primären Bogens von dem geometrischen = 27', oder der Radius des hellsten Theils des primären = 41° 27'. Der beobachtete Radius ist 41° 32'. Mithin ist der primäre Bogen dem geometrischen um 5' näher nach der Beobachtung als nach der Theorie. In gleicher Weise giebt die Theorie den Radius des hellsten Theils im secundären Bo-

1) Denkschriften der K. Acad. der Wissenschaften zu München für die Jahre 1814 und 1815, S 214 und 224.

Bogen = $52^{\circ} 6'$. Mithin ist der secundäre Bogen dem geometrischen nach der Beobachtung um $8'$ näher als nach der Theorie.

Bei einer zweiten Reihe von Beobachtungen wurde das Ocular des Fernrohrs bedeckt mit einem rothen Glase, welches Licht vom brechbarsten Ende des Spectrums, bis nahe zur Linie **D**, durchliess, die zur Beobachtung gewählten Punkte waren die dunklen Streifen und der hellste Theil des Hauptbogens. Die dunklen Streifen waren sehr deutlich sichtbar und leicht zu halbiren. Bedeutend schwierig war es jedoch, den hellsten Theil des Hauptbogens zu fixiren, wegen seiner Breite und des Mangels einer symmetrischen Vertheilung des Lichts zu beiden Seiten des hellsten Punktes. Ein Blick auf die Resultate wird zeigen, dass der letztere einer bedeutenden Unsicherheit unterworfen ist. Alle diese Beobachtungen sind ausgesetzt der Wirkung einer plötzlichen Verschiebung der Streifen, welche zuweilen von der Rechten zur Linken durch einen kleinen Raum stattfindet. Ich gebe die Winkelabstände so vieler dunkler Streifen als sich gehörig beobachten ließen, damit ihre Orte künftig berechnet werden können. Die Beobachtungen der Punkte, wo die Bogen anzufangen scheinen, bieten, wie zu erwarten, grosse Abweichungen dar; sie zeigen jedoch, dass die Helligkeit sich in jedem Fall weit über den Ort des geometrischen Bogens ausdehnt. Das durch das rothe Glas gesehette Spectrum nimmt von seinem hellsten Theil viel schneller ab nach dem brechbareren Ende als nach dem weniger brechbaren. Ist **N** das brechbarere Ende, **M** der hellste Punkt, **L** der, wo die Abnahme beginnt, **K** das wenigst brechbare Ende, so sind die Indices, hergeleitet aus den doppelten Ablenkungen durch ein hohles Prisma mit einem brechenden Winkel von $66^{\circ} 22'$, bei $K=1,3294$, bei $L=1,3310$ bei $M=1,3322$, bei $N=1,3334$. Der beste *single equivalent index* wird wahrscheinlich etwa 1,3318 seyn.

noch neujahrsdienstlich (A) auf 10° 26' = neujahrsdienstlich Primärer Bogen, gesehen durch rothes Glas, für welches angenommen wurde, dass $\mu = 1,3318$ und $4\varphi' - 2\varphi = 42^\circ 15'$. Durchmess. des Wassercylinders 0,0206 Zoll. Gränze Hellstes 42° 50'; 64'; 36'; 46'; 53'; 61'; 50'; 52'; 55'; 64' Hellstes 41; 49; 50; 51; 45; 58; 54; 51; 55; 45; 56 Dunkl. Streif. 1; 41; 55; 8; 10; 8; 2; 11; 6; 4; 7; 8; 7 2; 40; 16; 17; 19; 10; 19; 18; 13; 15; 11; 17 3; 39; 36; 37; 37; 27; 37; 33; 33; 32; 30 4; 38; 57; 58; 58; 50; 60; 58; 53 5; 38; 25; 27; 26; 18; 26 6; 37; 54; 50; 54; 46 7; 37; 24; 22; 28 8; 36; 59; 56; 58 9; 36; 31; 29; 33 10; 36; 7; 3; 6 11; 35; 45; 37; 43 12; 35; 21; 12 13; 35 14; 34; 40.

(B) auf 10° 34' = neujahrsdienstlich gesehen durch das

Secundärer Bogen, gesehen durch rothes Glas, für welches angenommen wurde, dass $\mu = 1,3318$ und folglich $\pi + 2\psi - 6\psi' = 50^\circ 34'$. Durchmesser des Wasser-

cylinders = 0,0206 Zoll. Gränze Hellstes 49° 65'; 53'; 54'; 51'; 65'; 58'; 68' Hellstes 51; 30; 27; 16; 20; 30; 21; 29 Dunkl. Streif. 1; 52; 36; 39; 36; 37; 37; 40; 33 2; 54; 2; 10; 4; 1; 6; 8; 12; 7 3; 55; 19; 26; 16; 25; 22; 30; 25 4; 56; 23; 30; 26; 30 5; 57; 24; 33 6; 58; 18; 32 7; 59; 10 8; 59; 56.

Bei einer dritten Reihe von Beobachtungen wurde das Sonnenlicht, nach dem Durchgang durch einen senk-

rechten Schlitz von 0,25 Zoll Breite, in etwa 24 Fuß Entfernung aufgefangen von einem senkrecht stehenden Prismen. Unmittelbar hinter dem Prismen war ein zweiter, auch 0,25 Zoll breiter Schlitz, und so wurde ein leidlich reines Spectrum gebildet. Der Wassercylinder wurde dann, etwa 18 Fuß vom Prismen entfernt, nahe in dem hellsten Theil des Spectrums aufgestellt, und der Brechungsindex der auf den Cylinder fallenden Strahlen in derselben Weise wie der von dem durch rothes Glas gegangenen Licht bestimmt.

(C)

Primärer Bogen. $\mu = 1,3346$, also $4\varphi' - 2\varphi = 41^\circ 50' 4''$.
Durchmesser des Wassercylinders = 0,02105 Zoll.

Gränze	42° 29'	; 55'	; 24'	; 34'	; 52'	; 43'	; 51'
Hellstes	41	27	; 31	; 26	; 33	; 25	; 25
Dunkl. Streif. 1	40	49	; 53	; 50	; 52	; 53	; 51
2	40	4	; 5	; 3	; 4	; 7	; 3
3	39	27	; 28	; 26	; 27	; 28	; 25
4	38	51	; 53	; 52	; 54	; 56	; 52
5	38	21	; 25	; 22	; 25	; 24	; 20
6	37	52	; 55	; 54	; 55	; 57	; 52
7	37	25	; 29	; 27	; 29	; 31	; 24
8	37	0	; 4	; 3	; 4	; 5	; ...
9	36	34	; 41	; 38	; 40	; 42	; 36
10	36	11	; 17	; 14	; 17	; 18	; 11
11	35	48	; 55	; 52	; 55	; 57	; 48
12	35	22	; 34	; 32	; 32	; 36	; 28
13	35	4	; 12	; 9	; 11	; 14	; 8
14	34	43	; 53	; 48	; 52	; 55	; 46
15	34	23	; 33	; 27	; 33	; 35	; 26
16	34	3	; 13	; 10	; 13	; 18	; 8
17	33	47	; 55	; 50	; 52	; 58	; 47
18	33	28	; 37	; 33	; 35	; 40	
19	33	8	; 19	; 13	; 23	; 22	
20	32	53	; 58	; 56	; 58		
21	32	36	; 41	; 40			

Dunkl. Streif. 22 32° 18' ; 25' ; 23'
 Hellstreif. 23 32 1 ; 6 ; 5
 24 31 34 ; 53 ; 50
 25 31 28 ; 32 ; 29
 26 31 5 ; 18
 27 31 5 ; 18
 28 30 53 ; 65
 29 30 38
 30 30 24.

(D) 30 30 24.

Secundärer Bogen $\mu = 1,33464$, also $\pi + 2\psi - 6\psi' = 51^\circ 19'$. Durchmesser des Wassercylinders = 0,02105 Zoll.

Gränze	50° 13' ; 7' ; 30' ; 57' ; 19' ; 8' ; 47'
Hellstreif.	51 19 ; 59 ; 57 ; 69 ; 50 ; 49 ; 57
Dunkl. Streif. 1	53 5 ; 2 ; 6 ; 16 ; 5 ; 5 ; 6
2	54 27 ; 23 ; 29 ; 30 ; 28 ; 25 ; 31
3	55 36 ; 31 ; 38 ; 39 ; 37 ; 32 ; 36
4	56 35 ; 30 ; 38 ; 38 ; 35 ; 35 ; 36
5	57 29 ; 25 ; 42 ; 32 ; 30 ; 29 ; 30
6	58 19 ; 13 ; 23 ; 22 ; 22 ; 20 ; 21
7	59 6 ; 0 ; 11 ; 13 ; 10 ; 8 ; 8
8	59 50 ; 45 ; 56 ; 55 ; 55 ; 51 ; 50
9	60 33 ; 29 ; 40 ; 38 ; 41
10	61 15 ; 12 ; 22 ; 17 ; 20
11	61 52 ; 50 ; 62 ; 58 ; 59
12	62 32 ; 29 ; 41 ; 36 ; 42
13	63 9 ; 3 ; 17 ; 17 ; 17
14	63 43 ; 39 ; 52 ; 49 ; 51
15	64 18 ; 15 ; 29 ; 25 ; 28
16	64 52 ; 49 ; 62 ; 61
17	65 25 ; 24 ; 37 ; 32
18	65 57 ; 55 ; 71 ; 68
19	66 29 ; 26 ; 45
20	66 63 ; 54 ; 76
21	67 32 ; 26 ; 43
22	68 0
23	68 35.

Eine vierte Beobachtungsreihe wurde mit einem dünneren Wassercylinder angestellt, dessen Durchmesser etwas ungewiss ist, da die Röhre zufällig zerbrochen ward, ehe man die Beobachtungen zur Bestimmung des Durchmessers wiederholt hatte. Zu Anfang der Beobachtungen ergab sich $\mu = 1,33453$, zu Ende derselben $= 1,3348$. Dies zeigt, daß im Verlauf der Beobachtungen entweder das Prisma oder der Wasserstrahl verschoben ward. Der Vergleich der beobachteten mit den berechneten Radien wurde mit beiden Werthen von μ gemacht.

(E)

Primärer Bogen. Wenn $\mu = 1,33453$, ist $4\varphi' - 2\varphi = 41^\circ 52'$, wenn $\mu = 1,3348$, ist $4\varphi' - 2\varphi = 41^\circ 49'$. Durchmesser des Wassercylinders = 0,0135 Zoll.

Gränze	42° 68'	; 67'	; 57'	; 63'	; 77'	; 64'	; 48'		
Hellstes	41	18	; 20	; 18	; 19	; 30	; 17	; 19	
Dunkl. Streif. 1	40	34	; 32	; 31	; 33	; 34	; 32	; 34	
	2	39	28	; 29	; 31	; 28	; 29	; 29	
	3	38	38	; 39	; 39	; 38	; 40	; 38	; 39
	4	37	52	; 54	; 54	; 54	; 53	; 53	; 53
	5	37	12	; 13	; 14	; 12	; 13	; 12	; 14
	6	36	34	; 34	; 36	; 35	; 35	; 31	; 34
	7	35	56	; 58	; 62	; 60	; 58	; 61	; 61
	8	35	23	; 21	; 28	; 26	; 25	; 29	; 27
	9	34	51	; 51	; 57	; ...	; 53	; 53	
	10	34	20	; 19	; 28	; ...	; 21	; 22	
	11	33	49	; 50	; 57	; ...	; 50	; 52	
	12	33	21	; 20	; 27	; 25	; 24		
	13	32	53	; 54	; 58	; 57	; 55		
	14	32	26	; 26	; 31	; 30	; 32		
	15	31	58	; ...	; 62	; 64			
	16	31	34	; ...	; 39	; 37			
	17	31	9	; ...	; 11				
	18	30	44	; ...	; 44				
	19	30	20	; ...	; 25				
	20	29	56	; ...					
	21	29	30	; ...					
	22	29	...	; 3.					

(F)

Secundärer Bogen. Wenn $\mu = 1,33453$, ist $\pi + 2\psi - 6\varphi' = 51^\circ 17',5$; wenn $\mu = 1,3348$, ist $\pi + 2\psi - 6\varphi'$

$= 51^\circ 23' 2.$ Durchmesser des Wassercylinders = 0,0135

Zoll:

Gränze	49° 53' ; 35' ; 63' ; 13' ; 48' ; 48' ; 58'
Hellstes	52 26 ; 20 ; 0 ; 6 ; 14 ; 18 ; 26
Dunkl. Streif. I	53 38 ; 36 ; 38 ; 32 ; 40 ; 43 ; 35
	2 55 35 ; 28 ; 32 ; 30 ; 30 ; 35 ; 29
	3 57 4 ; 3 ; 1 ; 4 ; 6 ; 9 ; 0
	4 58 26 ; 23 ; 21 ; 19 ; 25 ; 25 ; 13
	5 59 38 ; 37 ; 33 ; 32 ; 42 ; 35 ; 37
	6 60 44 ; 44 ; 32 ; 39 ; 48 ; 43 ; 39
	7 61 48 ; 48 ; 44 ; 43 ; 55
	8 62 54 ; 47 ; 44 ; 44
	9 63 48 ; 51
	10 64 41 ; 39
	11 65 34
	12 66 25.

Zufolge der Theorie verhalten sich die Abstände des hellsten Theils im primären Bogen und des ersten und zweiten dunklen Ringes von dem geometrischen Bogen wie 1,08 : 2,48 : 4,4. Kennt man also den berechneten Radius des geometrischen Bogens und den beobachteten Radius des ersten dunklen Ringes, so lassen sich finden: der theoretische Radius des hellsten Theils im Hauptbogen und der des zweiten dunklen Ringes. Aus dem folgenden Vergleiche dieser mit dem Mittel der beobachteten Resultate wird man sehen, dass die Unterschiede zwischen Theorie und Erfahrung nicht grösser sind als gegrundeterweise erwartet werden kann. Ich muss jedoch bemerken, dass in allen Fällen der beobachtete Hauptbogen ein wenig näher am geometrischen Bogen liegt als die Theorie angiebt. Wenn dies nicht zufällig ist, entspringt es wohl aus einem Fehler im Einstellen, veranlaßt durch den Mangel an Symmetrie in der Vertheilung des Lichts im Hauptbogen.

Beobachtung. Theorie.

(A)

$$(4\varphi' - 2\varphi) \quad 42^\circ 15'$$

$$\text{Rad. Hauptbogen} \quad 41^\circ 51,4 \quad 41^\circ 45,4$$

$$\text{Rad. 1. dunkl. Ring} \quad 41^\circ 7$$

$$\text{Rad. 2. dunkl. Ring} \quad 40^\circ 16 \quad 40^\circ 14,4$$

(B)

$$(\pi + 2\psi - 6\psi') \quad 50^\circ 34$$

$$\text{Rad. Nebenbogen} \quad 51^\circ 25 \quad 51^\circ 27,5$$

$$\text{Rad. 1. dunkl. Ring} \quad 52^\circ 37$$

$$\text{Rad. 2. dunkl. Ring} \quad 54^\circ 7 \quad 54^\circ 12$$

(C)

$$(4\varphi' - 2\varphi) \quad 41^\circ 50,4$$

$$\text{Rad. Hauptbogen} \quad 41^\circ 27,7 \quad 41^\circ 24,7$$

$$\text{Rad. 1. dunkl. Ring} \quad 40^\circ 51,4$$

$$\text{Rad. 2. dunkl. Ring} \quad 40^\circ 4,4 \quad 40^\circ 5,7$$

(D)

$$(\pi + 2\psi - 6\psi') \quad 51^\circ 19,2$$

$$\text{Rad. Nebenbogen} \quad 51^\circ 57 \quad 52^\circ 5,3$$

$$\text{Rad. 1. dunkl. Ring} \quad 53^\circ 5$$

$$\text{Rad. 2. dunkl. Ring} \quad 54^\circ 27,6 \quad 54^\circ 27$$

(E)

$$(4\varphi' - 2\varphi) \quad 41^\circ 52? \quad 41^\circ 49?$$

$$\text{Rad. Hauptbogen} \quad 41^\circ 20 \quad 41^\circ 18 \quad 41^\circ 15$$

$$\text{Rad. 1. dunkl. Ring} \quad 40^\circ 33$$

$$\text{Rad. 2. dunkl. Ring} \quad 39^\circ 29 \quad 39^\circ 32 \quad 39^\circ 31$$

(F)

$$(\pi + 2\psi - 6\psi') \quad 51^\circ 17,5? \quad 51^\circ 23,3?$$

$$\text{Rad. Nebenbogen} \quad 52^\circ 16 \quad 52^\circ 18,5 \quad 52^\circ 21$$

$$\text{Rad. 1. dunkl. Ring} \quad 53^\circ 37,4$$

$$\text{Rad. 2. dunkl. Ring} \quad 55^\circ 31,3 \quad 55^\circ 26 \quad 55^\circ 21$$

(3.)

IV. Ueber die Höhenänderung der beiden neutralen Punkte in der Atmosphäre.

Bekanntlich hat Hr. Arago gezeigt, dass die wolkenfreie Atmosphäre, bei niedrigem Stande der Sonne, einen Punkt, wo die Polarisation Null ist, besitzt, und dass dieser, der Sonne gegenüber, etwa 30° über dem Horizont liegt. Hr. A. schreibt ihn dem von der Atmosphäre reflectirtem Lichte zu, und wirklich schiebt sich jener Punkt bedeutend aus dem der Sonne gegenüberliegenden Vertical, wenn Wolken an einer Seite der Atmosphäre da sind. Hr. Babinet entdeckte einen zweiten neutralen Punkt, der, wenn die Sonne nahe am Horizont steht, über denselben liegt¹⁾). Mehre Beobachter, unter andern Hr. Forbes, haben das Daseyn beider Punkte bestätigt. Beobachtungen, die Hr. B. am 3. Juli bei sehr heiterer Atmosphäre unternahm (als Vorläufer zu denen, die er bei der Sonnenfinsterniss vom 8. Januar zu stellen gedachte, aber durch trübes Wetter vereitelt wurden) lehrten ihn, dass, nach Sonnenuntergang, der der Sonne gegenüberliegende Punkt bedeutend steigt, dagegen der über der Sonne liegende sich senkt, doch weniger als der erstere steigt. Die Beobachtung wurde auch von Hrn. Silbermann d. A. bestätigt. Die bekannte Ursache der neutralen Punkte wird ohne Zweifel auch diesen Umstand leicht erklären. (Compt. rend. T. XV p. 43.)

1) Annalen, Bd. LI S. 562.

**V. Einige Bemerkungen über das unsichtbare
Licht; von Ludwig Moser.**

Da das unsichtbare Licht Interesse zu erregen scheint, so theile ich von meinen darüber gemachten Erfahrungen noch Folgendes mit:

1) Aufser den, in dem Aufsatze über den Prozess des Sehens u. s. w.¹⁾ genannten Körpern, habe ich ferner abbilden lassen: Gold, Kupfer, Neusilber, Wismuth, Antimon, Zinn, Blei, Spiegelmetall, Schriftgut, Zink, weißes durchsichtiges Glas, Holz, Perlmutter, schwarze Pappe, schwarzes Leder, schwarzen Sammet und Lampenruß. Mit dem letzteren ließ ich einen zweckmässig geformten Körper von Eisen reichlich sich überziehen, und brachte denselben in einiger Entfernung von einer reinen Silberplatte an. Als hierauf die Platte den Joddämpfen ausgesetzt wurde, entstand ein sehr deutliches Bild. Es wäre sonach eine Entdeckung, wenn sich, was ich nicht glaube, eine Substanz fände, bei welcher kein Selbstleuchten, oder doch in so geringem Grade vorhanden wäre, daß man es übersehen könnte. Bis dahin muß von manchen Untersuchungen, wie ich nicht weiter auszuführen brauche, abstrahirt werden.

Ich habe die Versuche über das Selbstleuchten der Körper, fast ohne Ausnahme, in der sogenannten Finsternis angestellt, um das Bedenken, es sei hiebei fremdes Licht im Spiel, entfernt zu halten. Allein diese Vorsicht ist nicht weiter nöthig, weil sich charakteristische Kennzeichen für das unsichtbare Licht ergeben haben (Siehe den Aufsatze über das Latentwerden des Lichts)²⁾, wonach es unmöglich ist, dasselbe mit dem gewöhnlichen Lichte zu verwechseln. Beide Arten unterscheiden sich jedoch nur, wie, physikalisch genommen, das Violett vom

1) Im Heft VI dieses Jahrgangs.

2) Im nächsten Heft.

Roth, und die Methode, welche z. B. die Strahlen der beiden letzteren Farben zu unterscheiden lehrt, erstreckt sich auch auf die sichtbaren und unsichtbaren Strahlen. Dies bei Seite gesetzt, giebt es *keinen Effect, den das eine Licht nicht so gut als das andere hervorzu bringen vermöchte.* Jene charakteristischen Kennzeichen sind inzwischen auch nicht einmal nöthig, und man braucht bei den Versuchen mit den eigenthümlichen Lichtstrahlen der Körper das Tageslicht gar nicht ängstlich abzusperren, weil das letztere zu diesen Versuchen, wenn man sie nur zweckmäſsig anstellt, nichts beizutragen vermag. Ich habe nämlich schon früher nachgewiesen, dass wenn man Bilder durch das gewöhnliche Licht (wozu ich auch die von Ritter entdeckten dunklen Strahlen rechne) auf reinen Flächen von Silber, Kupfer Glas u. s. w. hervorbringen will, die freie Sonne dazu 1 oder 2 Stunden bedarf, und ich kann hinzufügen, dass wenn man das Bild einer Camera obscura, an einem günstigen Tage auf sonnenbeleuchtete Häuser gerichtet, zwölfe Stunden und mehr auf eine der genannten Platten wirken lässt, man nachher in den Dämpfen kaum eine Spur einer stattgefundenen Wirkung wahrnehmen wird. Wenn folglich ein Körper durch das ihm eigenthümliche Licht sich in 10 und sogar in 2 Minuten auf reinen Metallen abbildet, so kann hierzu das gewöhnliche Licht, und wäre es auch in grösster Intensität vorhanden, nichts beigetragen haben.

2) Die unsichtbaren Lichtstrahlen habe ich bis jetzt wirken lassen auf: Gold, Silber, Neusilber, Kupfer, Messing, Eisen, Stahl, Zink, ferner auf gelb jodirtes Silber, und vom Tageslicht geschwärztes Jodsilber, auf purpur angelassenes Kupfer, auf Glas, Porzellan, Glimmer, auf gewöhnlich lakirtes Blech und sogar auf Quecksilber. Das letztere wandte ich in der Art an, dass ich eine reine und eine versilberte Kupferplatte reichlich damit überzog, so dass flüssiges Quecksilber sich auf den Oberflächen befand. Die Körper, die ich darauf wirken ließ,

waren aus Eisen, Horn und der stählerne Stempel einer Medaille. Das Quecksilber zeigte nachgehends keine Spur eines Bildes, welches jedoch so vollständig in den Joddämpfen entstand, daß die Schrift z. B., womit der Stempel bedeckt war, aufs leichteste gelesen werden konnte.

Die genannten Substanzen unterscheiden sich für den Versuch hauptsächlich nur durch den Grad der Politur, den man ihnen geben kann oder den sie besitzen. Glimmer läßt die Bilder sehr schön hervortreten, eben so Kupfer, wenn man es gut polirt hat. Ich besitze eine Platte, deren Oberfläche aus den vier Metallen: Messing, Kupfer, Zink und Eisen besteht, und worauf ich eine geschnittene Achatplatte wirken ließ. In den Dämpfen zeigten nachgehends alle Metalle den ihnen zukommenden Theil des Bildes, nur war derselbe auf dem nicht gut polirten Eisen weniger deutlich. Dagegen hat eine schön polirte Stahlplatte mir sehr gute Bilder geliefert. In allen Fällen, wo es aing, habe ich bei diesen Versuchen zuerst den Quecksilberdampf von der üblichen Spannung und dann den Joddampf wirken lassen, ein Verfahren, welches sich selbst beim lakirten Blech als vortheilhaft bewährt hat (Siehe hierüber den Aufsatz über das Latentwerden des Lichts) ¹).

Hiernach kann man wohl nicht bezweifeln, daß das Licht auf alle Substanzen gleichmäßig wirkt, und daß ferner je zwei Körper sich auf einander abbilden werden, so daß es nur von anderweitigen Umständen abhängt, ob man die Abbilder werde wahrnehmbar machen können.

3) Zu diesen anderweitigen Umständen gehört vor Allem die Divergenz der Strahlen, welche bei dem unsichtbaren, wie bei dem sichtbaren Lichte stattfindet. Sie verbietet es, die beiden Körper allzusehr zu entfernen, wenn man noch hinreichend deutliche Bilder erhalten will. Früher hatte ich die Silberplatte von dem abzbildenden Körper $\frac{1}{3}$ Linie entfernt; ich habe diese Entfernung später bis auf eine ganze Linie erweitert. Indem

1) Im nächsten Heft.

ich zweckmässige Objecte wählte, erhielt ich auch dann noch deutliche, aber wie zu erwarten stand, Bilder, deren einzelne Theile verwaschen waren.

Wenn man die Bedingungen erwägt, unter welchen das Abbild der Körper durch ihr eigenthümliches Licht erhalten wird, so sieht man ein, dass gravierte Oberflächen diesen Bedingungen am besten genügen werden, während erhaben geschnittene weniger leisten. Eine gravierte Platte von Achat, dergleichen von Holz, eiserne und messingene Stempel, die oft schön geformten Typen der Buchdrucker, haben mir daher auch sehr gute Dienste gethan. Bei den letzteren erweist eine passende Entfernung sich sogar oft vortheilhaft, indem sie die scharfen, eingeschittenen Linien in einen mehr gleichmässigen Schatten auf dem Bilde verwandelt. Schwarze Schrift auf weißem Papier bildet sich wohl auch so weit ab, dass man sie erkennen kann; doch habe ich sie nie besonders gut gesehen. Aehnlich verhält es sich mit Mosaiktafeln, deren einzelne Felder sich mit überraschender Feinheit darstellen, während ich die, bloß durch ihre Farbe unterschiedenen Figuren niemals deutlich wahrgenommen habe. Ich mache überhaupt darauf aufmerksam, dass die Theile irgend eines Körpers, die sich, im erborgten Tageslicht deutlich für unser Auge markiren, darum in dem Bilde noch nicht hervorzutreten brauchen, welches ihre eigenthümlichen Strahlen entwerfen.

4) Endlich will ich hier noch eine Methode angeben, sich von der Einwirkung der sichtbaren Lichtstrahlen auf viele Substanzen zu überzeugen, eine Methode, die man auf alle würde anwenden können, wenn man nicht genöthigt wäre, das gewöhnliche Licht in grosser Intensität zu gebrauchen, wo dann die Wärme oft störend einwirkt. Ich richte eine kleine Camera obscura mit einer Linse von 15^{mm} Apertur auf die Sonne und setze eine Platte aus Spiegelglas hinein, das Bild der Sonne zu empfangen. Nachdem dieselbe hindurchgegangen, nehme

ich die Platte heraus und behauche sie; es zeigt sich dann das deutliche und scharfe Bild der Sonnenbahn. Den-selben Versuch habe ich mit Platten von Silber, Gold, Kupfer, Neusilber, Eisen, Stahl, Messing, Zink, auch mit der ad 2 beschriebenen, aus vier Metallen bestehenden Platte angestellt, und mit demselben Erfolg. Statt der Wasserdämpfe kann man auch Dämpfe von Quecksilber, Jod u. s. w. anwenden.

Um dem Einwande zu begegnen, als wenn bei Versuchen dieser Art die Wärme den Erfolg bedinge, ließ ich das Bild der Sonne durch ein gelbes, lebhaft rothes und durch ein ziemlich helles violettes Glas gehen, und dann auf eine reine Silberplatte fallen. Als dieselbe nachher in die Dämpfe gebracht wurde, war an der Stelle, wo das gelbe Bild gewirkt hatte, die Sonnenbahn zu sehen, wiewohl nicht stark. Sehr gut erschien dieselbe da, wo das violette Bild gewirkt hatte, und von dem rothen Glase war keine Spur einer Wirkung zu sehen. Dies voraussehend, hatte ich schon die Vorsicht gebraucht, das rothe Glas in der Axe der Linse, also in der günstigsten Lage anzubringen. Ein anderes Mal ließ ich das Bild der Sonne durch ein rothes und blaues Glas gehen, von denen jedes die Hälfte des Gesichtsfeldes einnahm. Der Erfolg war, dass unter dem blauen Glase die Sonnenbahn deutlich erschien, unter dem roten Glase aber nicht wahrgenommen werden konnte. Wie man sieht stimmen diese Resultate genau mit dem überein, was man anderweitig über die Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen weiß; mit der Transmission für die Wärme stimmen sie dagegen nicht überein. Um dies annähernd zu ermitteln, ließ ich hiefür, wie Poggendorff vorgeschlagen hat, eine kleine Säule aus Neusilber und Eisen anfertigen, die sehr empfindlich war, wiewohl es einige Zeit erforderte ehe die Nadel sich adjustierte, was mich bewog nur auf die Richtung der Ablenkung zu achten. In der Sonne operirend, zeigte sich von den an-

gewandten Gläsern das rothe gerade als dasjenige, welches die meiste Wärme durchlief, und doch hatte dasselbe, wie angegeben, das Bild der Sonne nicht erscheinen lassen.

Königsberg, im Juli 1842.

VI. Beobachtungen über die Färbung der Netzhaut und der Krystall-Linse; von Hrn. Melloni.

(Ein Schreiben an Hrn. Arago. — *Compt. rend. T. XIV p. 823.*)

— In der letzten Februar-Sitzung habe ich in der K. Academie der Wissenschaften zu Neapel eine Abhandlung gelesen, in welcher es mir, glaube ich, gelungen ist, alle neuerlich entdeckten Thatsachen in Bezug auf Transmission, Diffusion und Absorption der wärmen- den und chemisch wirkenden Strahlen in sehr hübscher Weise zu erklären. Die Arbeit, welche mehre andere Gegenstände umfasst, und die Einerleiheit der Agentien, aus denen die dreierlei Wirkungen der Sonnenstrahlen entspringen, beweist, hat mich allmälig zum Studium gewisser organischen Erscheinungen geführt, und diese ergaben eine unerwartete Bestätigung der Principien, welche ich in Betreff des Sehens glaubte annehmen zu müssen. Ich werde Ihnen in Kurzem die Uebersetzung meiner Abhandlung übersenden, die gegenwärtig in Genf gedruckt wird; für jetzt erlaube ich mir nur, Sie von meinen physiologischen Untersuchungen über das Gesichtsorgan zu unterhalten.

Nach den in eben erwähnter Abhandlung entwickelten Grundsätzen geschähe das Sehen vermöge äufserst rascher Schwingungen, welche die Nerven-Moleküle der Netzhaut unter dem Einfluß einer gewissen Reihe von

Aetherundulationen erführen. Diese Vibrat^{ionen}, betrachtet in Bezug auf die verschiedenen, das Sonnenspectrum zusammensetzenden Undulationen, würden nicht von der Quantität der Bewegung abhängen, sondern herrühren von der gröfsen oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die Theilchen der Netzhaut dieser oder jener Aether-
schwingung folgen. Es wäre, akustisch gesprochen, eine Art *Resonanz* der Netzhaut, erregt durch den *Accord* oder die *harmonische Relation*, die zwischen der *Spannung* oder *Elasticität* seiner Moleculargruppen und der Periode der einfallenden Welle vorhanden ist.

Die außerhalb der beiden Gränzen des Spectrums liegenden Undulationen könnten auf der Netzhaut keine Vibrationsbewegung erregen, und wären sonach unsichtbar, weil ihnen jede Art von *Accord mit der Molecular-Elasticität* dieser Membran des Auges abginge. Die zwischen Gelb und Orange liegenden, also, nach Fraunhofer, dem Maximum der Lichtstärke entsprechenden Undulationen würden dagegen die mit erwähnter Elasticität der Netzhaut homogensten Vibrat^{ionen} liefern, und den Moleculen dieser Haut die ausgeprägteste Vibrationsbewegung mittheilen.

Es versteht sich, dass nach dieser Theorie, wie nach jeder andern, die man zur Erklärung des Sehens und der optischen Phänomene im Allgemeinen erdacht hat, die Lichtmenge abhängt von der Intensität der Strahlung, die, für uns, aus der Weite der molecularen Vibrat^{ionen} entspringt; denn unter gleichen Umständen könnte z. B. der blaue Strahl des Sonnenspectrums, wegen seines schwachen *Accords* mit der Spannung der Netzhaut-Molecule, sehr wohl eine zehn Mal geringere Lichtmenge entwickeln als der gelbe Strahl; allein die leuchtende Wirkung beider Strahlen würde offenbar gleich werden, wenn die schwingenden Atome in der blauen Undulation einen zehn Mal gröfsen Raum durchliefen als die in der gelben Undulation.

Die Verhältnisse zwischen den Intensitäten dieser verschiedenen Schwingungsbewegungen des Aethers würden, nach unserer Betrachtungsweise, geliefert werden durch die verschiedenen Temperaturen, welche ein wohl mit Kienruß überzogener thermoskopischer Körper unter dem Einfluß der Strahlungen annimmt. Nun ist die Erwärmung des Thermoskops äußerst schwach an der violetten Gränze des Spectrums, und nimmt allmälig zu in dem Maße als man in den weniger brechbaren Farben bis zum entgegengesetzten Ende, zum Roth, hinabgeht. Die beiden Elemente der Licht-Intensität gehen also zusammen in allen zwischen dem Violett und Gelb begriffenen prismatischen Zonen. In der That, weil beim Hingange vom Violett zum Gelb die Licht-Entwicklung wächst mit der Temperatur, d. h. mit der den verschiedenen Farbenzonen angehörigen *Bewegungsgröße*, so könnte auch der Accord der Aether-Undulationen mit der *Molecular-Elasticität* der Netzhaut in gleichem Sinne wachsen; ich wage indefs nicht zu behaupten, daß dem wirklich so sey, denn einer der diesen Farben des Spectrums angehörigen Elementar-Strahlen könnte wohl mit der Netzhaut dieselbe *Consonanz* haben, wie das ihm vorangehende mehr brechbare Element, und bloß vermöge einer grösseren Bewegungsgröße eine grössere Lichtmenge geben. Der aufgestellte Satz von dem mehr oder weniger vollständigen *Accord* zwischen den Aether-Undulationen und der *Spannung* der die Netzhaut zusammensetzenden Nerven-Moleküle ist mithin nicht unumgänglich, um die stufenweise Entwicklung von Wärme und Licht im ganzen, vom Violett bis zum Gelb reichenden Theil des Spectrums zu begreifen. Allein dieser Satz scheint durchaus nothwendig zur Erklärung der Abnahme der Lichtstärke, die sich vom Anfang des Orange bis zum äußersten Roth bemerklich macht. Wie könnte man sonst begreifen, daß eine Zunahme der Strahlungs-Kraft eine Abnahme in der Lebhaftigkeit der Licht-Empfindung

dung hervorbrächte? Nimmt man dagegen an, dass die orangefarbenen und rothen Undulationen eine geringere *Consonanz* auf der Netzhaut finden als die gelben, so begreift man vollkommen, dass die ersteren eine geringere Lichtmenge geben können. Die Hypothese ist um so beifälliger als sie, wie wir bald sehen werden, bis zu ihren letzten Folgerungen verfolgt, zu einer äußerst glücklichen Erklärung der Unsichtbarkeit der dunklen Strahlen jenseits der beiden Gränzen des Sonnenspectrums, der *chemischen* und der *wärmenden*, führt, *Strahlen, bei denen man neuerlich alle Eigenschaften, welche die Lichtstrahlen in Bezug auf farbige Substanzen besitzen, aufgefunden hat*, mit Ausnahme der Sichtbarkeit, welche selbst nur eine einfache zufällige *Qualität* ist, wie ich in der oben erwähnten Abhandlung durch unwiderlegliche Gründe glaube dargethan zu haben.

Nehmen wir demzufolge an, dass die Aether-Undulationen der verschiedenen Farbenstreifen des Spectrums eine ungleiche Fähigkeit zur Versetzung der Netzhaut in Schwingungen besitzen, und dass das Maximum dieses Effects der gelben Farbe angehöre.

Nach dem allgemeinen Princip der Schwingungsbewegung, welche die wägbaren Theile der Materie in Folge des Accordes zwischen ihren eigenen Spannungen und den Perioden der einfallenden Undulationen erleiden (eines Princips, welches, glaube ich, von Euler herrührt, und von mir zur Erklärung der Diffusion und der Färbung der Körper angenommen wird), sind diejenigen Substanzen weiß, welche unter der Wirkung von Lichtwellen jeglicher Länge mit gleicher Leichtigkeit schwingen; wogegen die farbigen Substanzen solche sind, die unter dem Einfluss einer oder mehrer Arten von Lichtwellen mit gröfserer Intensität schwingen und sich für andere unempfindlich erweisen. Mithin ist ein Körper roth, grün oder blau, je nachdem die *Spannung* seiner Theilchen mehr *consonirt* mit der Schwingungs-

periode der rothen, grünen oder blauen Undulationen; und daraus folgt nothwendig, dass eine Substanz, deren Theilchen unter der Einwirkung dieser oder jener Licht-Undulation besser schwingen, nothwendig farbig ist. Nun sagen wir, dass die gelben Undulationen durch *Consonanz* das Maximum des Effects auf die Netzhaut ausüben; inthin wird, wenn unsere Voraussetzung der Wahrheit gemäss ist, die Netzhaut gelb seyn müssen, und nicht farblos, wie man bisher geglaubt hat.

Ehe ich zur Beschreibung der von mir über diese Frage gesammelten Thatsachen übergehe, will ich bemerken, dass der Schluss, zu dem wir rücksichtlich der Farbe der Netzhaut gelangt sind, offenbar eine vollkommene Analogie in den Licht-Eigenschaften dieser Membran des Auges und denen der Mineralsubstanzen voraussetzt. Indess begreift man leicht, dass die Lebenskraft wohl der Netzhaut einen von der Farbe des Strahls abhängigen Grad von Erregbarkeit mittheilen könnte; und dass dann diese Art von *differentieller Erregbarkeit* nothwendig beim Tode des Individuums verschwände; so dass, wenn man die Netzhaut wirklich weiss fände, und nicht gelb, wie sie es nach unseren Schlüssen scheint nothwendig seyn zu müssen, das Princip der grössten Empfindlichkeit für die gelbe Farbe dennoch nicht weniger haltbar seyn würde.

Man muss indess glauben, dass kein an die einfachsten Anwendungen der Optik geübter Beobachter diese kostliche Membran des Auges bisher mit gehöriger Aufmerksamkeit untersucht hat; sonst zweifle ich nicht würden die Anatomen erkannt haben, dass die Nervensubstanz der Netzhaut nicht, wie man es noch in den Schülern behauptet, ganz weiss oder farblos sey, sondern sehr deutlich gelb.

In der That, wenn man die einzelnen Theile der Netzhaut durchsucht, entdeckt man bald in dem mittlichen Theile, dicht beim *optischen Nerv* und der *Kry-*

stall-Linse gegenüber, eine kleine gelbe Stelle, die den Namen des Sömmerring'schen *Flecks* führt, aber un-eigentlich, denn er wurde vor Sömmerring von einem italiänischen Arzte, Buzzii mit Namen, beobachtet und beschrieben¹⁾). Die Farbe dieses Flecks scheint mit der zwischen dem Tode und der Zergliederung des Auges verstrichenen Zeit eher ab- als zuzunehmen, so das zu glauben ist, sie bestehe selbst während des Lebens, was auch einstimmig die Meinung aller Physiologen ist.

Dies gesetzt, betrachte man nun aufmerksam einen Durchschnitt der Netzhaut; man wird finden, dass ihre Dicke zunimmt von den Rändern nach der Mitte hin, die, wie wir so eben sagten, von dem gelben Fleck eingenommen wird. Die Beobachtung ist nicht schwierig, und kann nicht den geringsten Verdacht eines Irrthums erregen, denn sie ist von Sömmerring, Langenbeck und von Hrn. Delle Chiaje, einem der genauesten Anatomen unserer Zeit, mehrmals bestätigt. Um indes Jedermann in Stand zu setzen, sich von der Thatsache zu überzeugen, will ich die Präparationsweise angeben, die mir am einfachsten erscheint. Das Auge muss zuvörderst in zwei Stücke zerschnitten werden, in einem ziemlich kleinen Abstande von der *Krystall-Linse* und senkrecht auf der optischen Axe. Man lege das vordere Stück bei Seite und presse die Kugel sanft, um sie von einem Theil der *Glasfeuchtigkeit* zu entleeren. Hierauf hebe man, mit vieler Vorsicht, die Netzhaut ab, ziehe sie, nachdem man den *optischen Nerv*, dicht bei der *Choroidea*, durchschnitten hat, heraus, und entferne die noch anhängenden Portionen von Pigment und Glasfeuchtigkeit durch wiederholtes Waschen. Nachdem die Netzhaut von allen fremdartigen Substanzen wohl gereinigt ist, theile man sie in vier gleiche Sectoren, so, dass die beiden Trennlinien durch die

1) Buzzii; *Nuove sperienze fatte sull' occhio umano. Opuscoli scelti di Milano, per l'anno 1782.*

Mitte des centralen Flecks gehen. Endlich nehme man den Sector, der den schönsten Schnitt darbietet, und breite ihn auf einer Glastafel aus, dabei den Schnitt parallel legend einer der Seiten der Tafel und ganz dicht an den Rand. Alle diese Operationen lassen sich von Leuten des Fachs mit grösster Leichtigkeit ausführen, indem das Auge in Wasser gelegt und successiv mit Zangen an den verschiedenen Theilen festgehalten wird, die man durchbohrt oder mit dem Einschneidemesser und der gekrümmten Scheere abschneidet. Der bloße Anblick der also präparirten Netzhaut reicht hin, um sich zu überzeugen, dass diese Haut von der Mitte aus nach dem Umsang hin an Dicke abnimmt.

Da man indes glauben könnte, dass die Erscheinung zum Theil von den Unebenheiten herrühre, die man nie ganz von dem mittlichen Theile zu entfernen vermag, so muss man den Schnitt der Netzhaut mit einer 50 bis 60 Mal vergrößernden Lupe untersuchen, und dann sieht man sogleich sehr deutlich, dass die Netzhaut an der Stelle des Buzzii'schen *Flecks* eine beträchtliche Dicke besitzt, dass jenseits dieser Dicke abnimmt, erst ziemlich rasch, dann sanft und allmälig bis zum Umsang hin. Nun weiß man, dass durchsichtige und farbige Körper ganz farblos erscheinen, wenn sie sehr dünne Lamellen darstellen, und gerade der grösste Theil der Netzhaut ist von dieser Beschaffenheit. Wir sehen uns also ganz natürlich zu der Annahme geführt, dass das Gelb ihres mittlichen Theils nicht ein Fleck oder eine abgegrenzte Färbung ist, sondern dieselbe Farbe, welche allen Theilen der Netzhaut angehört, die nur, wegen grösserer Anhäufung der Materie, in der Mitte zum Vorschein kommt, dagegen sonst überall, wegen der ungemeinen Düntheit der Haut, unsichtbar ist. Es verhält sich damit so, wie wenn man enge Glasröhren in ein mit Wein oder einer anderen gefärbten Flüssigkeit gefülltes Glas taucht; die durch die Capillarwirkung gehobene Säule scheint farb-

los, wenn die Röhren einen hinreichenden Grad von Enge besitzen.

Durch folgende Beobachtungen wird diese Meinung noch mehr unterstützt.

Der Buzz'sche Fleck ist nicht scharf abgegrenzt, sondern hat einen markigen Umriss, wie es geschehen muss, wenn eine durchsichtige Schicht ihre Farbe durch eine so plötzliche und doch stufenweise Abnahme der Dicke verliert. Trotz des Verwaschenen des Umrisses kann man jedoch annähernd die Gränzen der gelben Farbe unterscheiden, und sie auf einer Glasplatte, wenn man das System in einer fast senkrechten Richtung betrachtet, mit Dinte oder Bleistift bezeichnen. Wiederholt man hierauf die Beobachtung unter einer grossen Schiefe, indem man den dicksten Theil der Netzhaut vor das Auge stellt, so sieht man die scheinbare Gränze zwischen dem Gelb und dem Farblosen sich von der Mitte entfernen und demgemäß das vorhin auf dem Glase gemachte Zeichen überschreiten. Die gelbe Farbe existirt also ringsum den Fleck, und deren Unsichtbarkeit röhrt einzig davon her, dass der Gesichtsstrahl nur eine kleine Menge der Substanz durchdringt.

Ganz analoge Farbenveränderungen erscheinen auf der Netzhaut, wenn man sie im Wasser bewegt, um sie von den anhaftenden Feuchtigkeiten zu befreien; denn dann sieht man die Gränzen des gelben Flecks successiv mehrere Stellen einnehmen. Besonders merkbar ist die Veränderung in den centralen Runzeln, welche bald gelb, bald farblos werden, je nach der Stellung, die sie successiv gegen das Auge einnehmen.

Endlich kann man zeigen, dass die Farbe auch in den von der Mitte entfernten Theilen existirt, wenn man sie zusammenfaltet; denn dann nehmen diese Falten eine gelbe Farbe an. Damit dieser Versuch wohl gelinge, muss die Netzhaut frisch seyn, vollkommen frei von jeder Art Schleim und nicht zu lange im Wasser

gelegen haben. Auch müssen die zusammengelegten Theile einander in allen Punkten wohl berühren, ohne Zwischenlage von Luft oder anderer fremdartiger Materie. Der Grund davon ist sehr einfach. Um eine Erhöhung der Farbe zu erhalten, muss der Durchgang des Lichts regelmäsig geschehen; allein dazwischen befindliche Substanzen oder oberflächliche Schleimigkeiten stören grösttentheils diesen Durchgang, sey es durch wiederholte Reflexionen und Refractionen oder durch eine Umwandlung des directen Lichts in diffuses.

Im Laufe seiner Untersuchungen hatte Buzzi Gelegenheit, die Augen zweier Männer zu zerschneiden, die mit allen Symptomen einer starken Gelbsucht gestorben waren. Der eine von ihnen hatte während seiner Krankheit keine merkbare Aenderung in den natürlichen Farben der Körper bemerkt; der andere dagegen sah in seinen letzten Tagen alle Gegenstände gelb gefärbt. Bei dem ersten Individuum zeigte der Fleck in der Mitte der Netzhaut eine kaum merkbare Zunahme seines gewöhnlichen Farbenton, und der Rest dieser Haut besaß noch seine anscheinende Weisse. Bei dem zweiten Individuum war aber die ganze Netzhaut gelb und der mittliche Fleck ungewöhnlich lebhaft gefärbt ¹⁾.

Diese beiden Beobachtungen stimmen vollkommen mit unserer Ansicht von der totalen Färbung der Netzhaut; denn das Erscheinen des Gelb an den dünnen Rändern ist begleitet von einer proportionalen Verstärkung derselben Farbe an dem dickeren Theile; und wenn der Zuwachs des Gelb zu schwach ist, um eine ähnliche Wirkung an den Rändern, d. h. an dem dünneren Theile der Netzhaut, hervorzubringen, so tritt sie nur an dem dickeren Theile der Netzhaut hervor.

Der Fall mit dem Kranken, welcher die Gegenstände gelb gefärbt sah, liefert überdies ein Argument von der höchsten Wichtigkeit für unsere Theorie; denn diese Zwei-

1) In der oben erwähnten Abhandlung.

Thatsache beweist, dass die Lichtstrahlen auf die Netzhaut wirken wie auf jeden andern farbigen Körper, und dass die gelbe Farbe wirklich der lebenden Haut die Fähigkeit ertheilt, das Gelb mit einer höheren Intensität als jede andere Farbe des Spectrums wahrzunehmen.

Nach unseren Ideen über die Natur des Lichts und die von demselben in unserem Gesichtsorgan erregten Empfindung ist die Netzhaut ein Körper, dessen Theilchen in Folge ihrer *Consonanz* mit gewissen Aether-Undulationen schwingen. Auch kann man diese Membran mit einem Saiten-Instrument vergleichen, welches, ohne die Reibung oder den Stoss eines starren Körpers, durch bloße *Resonanz* tönt, d. h. vermöge der blosen Gegenwart der in der Luft von einem äussern Ton erregten Wellen. Nun verlieren fast alle unsere musikalischen Instrumente nach und nach den Accord ihref Normal-Töne. Dasselbe gilt von den *Lichttönen* der Netzhaut. Wirklich erblasst und verschwindet allmälig das Gelb des mittlichen Flecks, welches für uns die natürliche Farbe der Netzhaut darstellt, in dem Maas das Alter vorrückt. Diese Beobachtung findet sich in keinem Lehrbuche der Physiologie, welches ich zu Rathe ziehen konnte, und dennoch zeigt sie sich ungemein deutlich, sobald man Netzhäute aus verschiedenen Epochen untersucht.

Aus der Farbenveränderung der Netzhaut folgt nothwendig eine Aenderung in den Verhältnissen der Wahrnehmung der verschiedenen Strahlengattungen; allein die Natur beugt einer solchen Unordnung durch eine jener unzähligen Maasregeln vor, welche uns beim Studium der organischen Geschöpfe auf jedem Schritt in Verwunderung setzen.

Die Krystall Linse ist bis zum 25^{sten} oder 30^{sten} Jahre vollkommen klar und farblos. In diesem Alter sieht man sie eine ungemein schwache strohgelbe Farbe annehmen, welche ansangs in dem mittlichen Theile hervortritt, spä-

ter die Ränder erreicht, allmälig an Stärke zunimmt, und endlich so vorwaltend wird, dass sie bei Greisen von 70 bis 80 Jahren bernsteinfarben ist.

Bemerken wir zuvörderst, dass die Färbung der Mitte, während die Ränder der Krystall-Linse noch ganz farblos sind, ein genaues Bild von dem darbietet, was, nach uns, in der Netzhaut vorgeht, ausgenommen, dass man im gegenwärtigen Fall durch die allmäliche Ausbreitung der Farbe auf die ganze Masse des Mittels gleichsam eine handgreifliche Demonstration des Princips hat.

Betrachtet man nun die Wirkung, welche diese neue Farben-Entwicklung auf das Sehen ausübt, so begreift man sogleich, dass das von der Krystall-Linse angenommene Gelb bestimmt ist, den Abgang derselben Farbe auf der Netzhaut zu erstatten. Um zu zeigen, dass die Summe beider Veränderungen sich wirklich compensire, habe ich mir gleichzeitig mehre Augen von sehr verschiedenen Alter verschafft, die Krystall-Linsen herausgenommen und sie auf die mittlichen Theile der entsprechenden Netzhäute gelegt. Alle diese Systeme zeigten dieselbe Nüance von Gelb. Der Versuch, bis zu den beiden entgegengesetzten Gränzen ausgedehnt, ist sehr interessant; denn in der frühen Jugend ist die Färbung in der Krystall-Linse noch nicht entwickelt, glänzt dagegen in ihrer ganzen Stärke auf der Netzhaut; und im hohen Alter hat sie die ganze Krystall-Linse überzogen, während auf der Netzhaut keine Spur von ihr mehr da ist. Dann braucht man nur die alte Krystall-Linse neben die junge Netzhaut zu legen und die Nüancen beider Körper zu vergleichen; sie zeigen, ungeachtet der ungeheuren Verschiedenheit ihrer Constitution, nur eine einzige Farbe.

Die Veränderung, welche in der Wahrnehmung verschiedener Lichtstrahlen durch die allmäliche Entfärbung der Netzhaut bewirkt wird, nimmt ab mit dem Vorwalten des gelben Elements, und dieses Vorwalten stellt sich

nach Maßgabe durch den Einfluß der Krystall-Linse wieder her. Anders gesagt: die auswählende Farbenabsorption, welche sich allmälig in der Krystall-Linse entwickelt, erzeugt während des Durchgangs der verschiedenen Strahlen solche Unterschiede in deren relativen Intensitäten, daß sie, mehr oder weniger entfärbt auf der Netzhaut anlangend, daselbst immer dieselben Empfindungen erregen.

Das Erscheinen und Fortschreiten der gelben Farbe in der Krystall-Linse ist also ein wahrhaftes *Stimmen* (*procédé d'accordeur*), welches die Natur bewerkstelltigt, um das Schwerzeug auf einem und demselben *Lichtton* zu erhalten.

Man begreift nun leicht, weshalb das Weiß für unsere Augen in jedem Alter weiß bleibt, ungeachtet der zunehmenden Färbung der Krystall-Linse. Sonst würde die Dazwischenkunst eines gelben Mittels zwischen die äusseren Gegenstände und die Netzhaut neben der Beständigkeit in den Verhältnissen, welche die natürlichen Farben der Körper dem Auge darbieten, einen der seltsamsten Widersprüche bilden.

Diese Art Räthsel ist vielleicht die Ursache, daß die gelehrtesten Physiker für gut befunden haben, in ihren optischen Lehrbüchern die allmälige Umwandlung der farblosen Substanz der Krystall-Linse in eine so stark wie Bernsteinsäure gefärbte mit gänzlichem Stillschweigen zu übergehen, obwohl diese Umwandlung seit einem Jahrhundert beobachtet, und den Anatomen aus der Beschreibung, die der Arzt Petit in den *Mémoires de l'académie des sciences*, p. 1730, davon geliefert hat, wohl bekannt ist. Was mich betrifft, so bekenne ich, wenig bewandert in den anatomischen Studien, gar nichts davon gewußt zu haben, bis ein junger Physiolog, der Dr. Martino¹⁾), der mit erwähnter Abhandlung be-

1) Hr. Martino überreichte der Academie durch Vermittlung des Hrn. Blainville eine Abhandlung: *sur la direction de la circulation*

kannt war, meine Aufmerksamkeit auf den mittlichen Fleck der Netzhaut lenkte, und darauf die Güte hatte, mich mit seiner in zarten Zergliederungen geschickten Hand bei den oben beschriebenen Beobachtungen zu unterstützen. Es folgt daraus, wenn ich nicht irre, eine der günstigsten Presumtionen, die man nur wünschen kann, für die Wahrheit des *Satzes vom Maximum der Consonanz der gelben Undulationen mit den Molecular-Vibrationen der Netzhaut*, eines Satzes, den wir aus einer ganz anderen Quelle herleiteten, nämlich aus der allgemeinen und auf der Undulationshypothese gegründeten Discussion der Eigenschaften des Sonnenspectrums.

Die Meinung gewisser Natursforscher, die in der Wissenschaft nur Thatsachen und ihre Folgerungen anerkennen wollen, ist also in mehren Fällen dem Fortschreiten der menschlichen Kenntnisse entgegen. Wenn die so eben von mir beschriebenen Versuche einiges Licht auf die Physiologie der Farbenveränderungen in der Netzhaut und der Krystall-Linse verbreiten, so röhrt diels ohne Zweifel her von den verschiedenen Voraussetzungen über den Aether, die Schwingungen und Spannungen der Theilchen wägbarer Körper, — Voraussetzungen, die mich zunächst dahin geführt hatten, die Unsichtbarkeit der dunklen Strahlen und die drei Wirkungen der Lichtstrahlen nach dem Undulationssystem zu erklären:

Allein die Systeme, sagen die Anhänger der strict experimentellen Schule lenken die Wissenschaft vom rechten Wege ab, und führen zu deren Verderb . . . Ich glaube nicht, dass heut zu Tage der *Physik* ein solches Unglück begegnen könne, da der positive Theil derselben von Allen, welche die wahren Grundsätze dieses Fundamental-

du sang dans le système veineux rénal de Jacobson chez les reptiles et sur les rapports entre la sécrétion de l'urine et celle de la bile, und eine Notiz: sur l'existence jacobsonien chez les Raies et les Torpilles.

zweiges unserer Kenntnisse über die Eigenschaften der Körper inne haben, so gut von dem conjecturellen Theile unterschieden wird. Im Gegentheil führen die Hypothesen, weit entfernt zu schaden, oft auf Versuche, die ohne ihre Hülfe niemals erdacht seyn würden, und sie liefern immer kostliche Symbole, um sich zurechtzufinden inmitten der Unermesslichkeit von Beobachtungen, Erscheinungen, Wirkungen, Ursachen und Erfolgen, die, ohne alles systematische Band, einen undurchdringlichen Wald, ein verworrenes Labyrinth darstellen würden, aus denen die hellsehendsten Geister, einmal hineingerathen, keine Aussicht zum Herauskommen haben würden.

VII. Von der Eigenschaft des Kautschucks, Gase durchzulassen; von Hrn. Peyron.

(*Compt. rend. T. XIII p. 820.*)

Das Kautschuck wird gemeiniglich als eine für Gase und Dämpfe ganz undurchdringliche Substanz angesehen. Die Chemiker gebrauchen es in Röhrenform, um die verschiedenen Theile ihrer feinsten Apparate zu verknüpfen, und die Physiker benutzen es statt der besten Kitte, um Glaskolben zu verschließen, welche sie luftleer halten, oder in welchen sie Gase vollkommen rein aufbewahren wollen.

Da ein solches Vertrauen zu der Undurchdringlichkeit einer so allgemein angewandten Substanz in einigen Fällen die wichtigsten Resultate der Wissenschaft fehlerhaft machen kann, so nehme ich mir die Freiheit, die Aufmerksamkeit der Physiker und Chemiker auf einige Untersuchungen zu lenken, die ich sonst wegen ihrer Unvollständigkeit nicht gewagt haben würde vorzulegen.

I. Man nehme eine Glasröhre von 1 Meter Länge

und 1,5 Millim. innerem Durchmesser, und nachdem man sie an einem Ende erweitert hat, verschließe man sie genau durch eine starke Tafel Kautschuck. Hierauf fülle man sie mit Quecksilber und kehre sie nach Art eines Barometers in einer Schale um. Die, anfangs der Barometersäule gleiche, Quecksilbersäule senkt sich sogleich und die Luft tritt allmälig durch die Poren des Kautschucks hinein. Bei einem Versuche dieser Art, bei welchem die Kautschucktafel 1 Quadratcentimeter maafs, senkte sich das Niveau innerhalb 24 Stunden um 0,06 Meter, in den zweiten 24 Stunden um 0",03 und in den dritten um 0",025. Das Sinken war also ein abnehmendes, und als die Höhe der Säule über dem äusseren Niveau 0",55 bis 0",60 war, sank sie, wenigstens in den vier bis fünf Tagen, dass ich sie beobachtete, fast regelmäsig um 0",007 (innerhalb 24 Stunden? P.)

II. Nun nahm ich eine Röhre von 0",25 Länge und 0",02 Durchmesser. Die Höhe der Quecksilbersäule, anfangs 0",22, war nach 24 Stunden nur 0",20. Die Kautschucktafel maafs 0",05 Quadrat.

Aus diesen Versuchen folgt: 1) dass wenn ein Gefäß, dessen Wände zum Theil aus Kautschuck bestehen, luft leer gemacht wird, die äussere Luft durch die Poren dieser Substanz eindringt, und 2) dass wenn eine Kautschucktafel zwei Gase von gleicher Natur aber ungleicher Spannung trennt, das dichtere von ihnen durch die Poren der Substanz zu der lockeren dringt.

III. Wenn das lange Rohr (I) mit Quecksilber gefüllt und in seiner Schale umgekehrt ist, und man leitet nun so viel Wasserstoffgas in den leeren Raum, dass das Quecksilber um die Hälfte fällt, so sieht man bald das Quecksilber in der Röhre sich erheben. Das Wasserstoffgas, welches entweicht, wird durch atmosphärische Luft ersetzt; es findet eine Diffusion statt.

Nach 24 Stunden betrug das Steigen des Quecksilbers 0",01, nach den zweiten 24 Stunden nur 0",004,

nach drei Mal 24 Stunden etwas weniger. Das rückständige Gas verbrannte mit schwacher Verpuffung.

IV. Füllt man einen grossen, 0^m,18 im Durchmesser haltenden Kautschuckballon mit Wasserstoff, so dass er von diesem Gase straff aufgeblasen ist, und man bringt ihn unter eine Glocke mit atmosphärischer Luft, so sieht man ihn bedeutend zusammensinken, und wenn man, nachdem er auf zwei Dritteln seines Volums herabgekommen, das darin enthaltene Gas untersucht, so findet man es bestehend aus einem Gemenge von etwa zwei Volumen Wasserstoffgas und einem Volum atmosphärischer Luft. Auch die Glocke enthält ein Gemenge dieser beiden Gase.

Läßt man den mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon an freier Luft liegen, so verliert er nach einer gewissen Zeit alles Wasserstoffgas, und wenn sein Volum sich nicht mehr ändert, was geschieht, wenn es etwa noch ein Viertel seiner anfänglichen Grösse beträgt, findet man darin nichts als atmosphärische Luft.

V. Wenn ein ähnlicher Kautschuckballon zu drei Vierteln mit Luft gefüllt, und oben in einer über der pneumato-chemischen Wanne mit Wasser gefüllten Glocke befestigt wird, und man lässt nun in diese Glocke bis zu ihrer gänzlichen Füllung Wasserstoffgas treten, so sieht man den Ballon allmählig anschwellen und nach zwei Mal 24 Stunden straff aufgeblasen. Untersucht man nun das Gas in der Glocke, so findet man es mit Luft gemengt, und auch der Ballon enthält ein Gemenge von Luft und Wasserstoffgas.

Wenn der Ballon, nachdem er stark aufgeblasen ist, aus der Glocke genommen und an die freie Luft gelegt wird, so entweicht alles darin enthaltene Wasserstoffgas, und die ausgetretene Luft dringt wieder hinein, so dass die am Ende darin enthaltene Luft genau der anfangs hineingebrachten an Menge gleich ist.

VI. Wenn ein mit Luft gefüllter Kautschuckballon in eine Atmosphäre von Stickstoffoxydul gebracht wird,

so nimmt sein Volum ab, und man findet, dass ein Austausch beider Gase stattgefunden hat. Nach einer Analyse des Hrn. Bourson, Gehülfen am Jardin des Plantes, der die Gefälligkeit hatte, mich bei allen diesen Versuchen zu unterstützen, gaben 100 Theile des im Ballon gefundenen Gases nur 16,38 Sauerstoff.

VII. Ein mit vollkommen reiner Kohlensäure gefüllter Ballon wurde 24 Stunden der Luft ausgesetzt. Das dann darin enthaltene Gas betrug 20 gegen 100 Luft. Bei diesen Versuchen wurde der Hals der (Kautschuck-) Ballone stark überbunden und darauf am Rande geschmolzen, um zusammenzukleben. Um des vollständigen Verschlusses noch sicherer zu seyn, wurden die Ränder mittelst einer Zange zusammengepresft.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor: 3) dass zwei Gase von verschiedener Natur und ungleicher Spannung die sie trennenden Kautschuckwände durchdringen, so dass ein gegenseitiger Austausch beider Gase stattfindet, 4) dass zwei Gase von verschiedener Natur und gleicher Spannung dieselbe Art von Endosmose befolgen.

Betrachtet man sorgfältig die in diesen verschiedenen Versuchen erhaltenen Resultate, so findet man darin eine neue Bestätigung des von Thomas Graham aufgestellten allgemeinen Diffusionsgesetzes¹⁾). Dieser sinnreiche Beobachter hat bewiesen, dass wenn zwei Gase von verschiedener Natur aber gleicher Spannung sich freiwillig mit einander mängen, der Austausch in Volumen geschieht, die sich verhalten umgekehrt wie die Quadratwurzel aus ihrer Dichte; und dass man die Dichtigkeit irgend eines Gases, welches mit der Luft in Diffusion gestanden hat, erhält durch die Formel

$$D = \left(\frac{A}{G}\right)^2,$$

worin *G* das Volum des der Diffusion unterworfenen

1) *Transact. of the Royal Society of Edinburgh, Vol. XI pt. I p. 222. (Annalen, Bd. XXVIII S. 331.)*

Gases und A das Volum der eingetretenen Luft bezeichnet. Da die aequivalente Diffusionszahl, wenn die Luft zur Einheit genommen wird, für Wasserstoff 3,7947, für Stickstoffoxydul 0,81 und für Kohlensäure 0,8091 ist, so begreift man die in obigen Versuchen beobachteten Volumsveränderungen. Vergleicht man andererseits das Diffusionsaequivalent des Wasserstoffs mit den Aequivalenten anderer gasförmiger Körper, und erwägt, dass für drei Volume austretenden Wasserstoffs nur ein Volum Luft eintritt, so begreift man, wie Döbereiner zu der irrgen Annahme kam, dass das Wasserstoffgas durch Oeffnungen gehe, die kein anderes Gas durchlassen.

VIII. Die vorstehenden Beobachtungen wurden mit Kautschuck gemacht, wie es von Para in Flaschenform zu uns gelangt. Es war nöthig zu untersuchen, ob die in den Laboratorien angewandten Blätter, in welchen diese Substanz ein anderes Ansehen besitzt, dieselbe Durchdringlichkeit besitzen würden. Ohne hier die angestellten Versuche mitzutheilen, will ich nur sagen, dass ich in den allgemeinen Resultaten keinen Unterschied gefunden habe. Indess will ich doch einen Versuch beschreiben, bei welchen ich die Umstände denen gleich mache, unter welchen die Chemiker operiren, und der bezweckte, das Diffusionsphänomen der Gase während deren Ausströmung nachzuweisen. Der Apparat bestand aus einem noch wenig bekannten Wasserstoffgas-Gefäß, welches Hr. Gay-Lussac erdacht hat, um die Entwicklung dieses Gases leicht zu regeln, aus einem Rohr mit Chlorcalcium und daran einem Kautschuckrohr, welches durch einen genau verschlossenen gläsernen Vorstoß (*Manchon*) ging. An seinem anderen Ende war dies Kautschuckrohr befestigt an einer Glasmöhre, die unter eine zur Auffangung der Gase bestimmte Glocke führte. Ein mit trockner Kohlensäure gefüllter und mit einem Hahn versehener Kautschuckballon war befestigt an einer Glasmöhre, die an dem, dem Wasserstoff-Entbindungs-Appa-

rat benachbarten Ende in den Vorstoß führte; und am gegenüberliegenden Ende des Vorstoßes war eine andere Glasröhre, unter die eine Glocke führte.

Durch die solchergestalt in den mit atmosphärischer Luft gefüllten Vorstoß eingeschlossene Kautschuckröhre ließ ich fünf Stunden lang Wasserstoffgas durchströmen. Die Menge des ausgestromten Gases betrug 6 Liter. Der Vorstoß hielt 0^m,5 in Länge und 0^m,04 im Durchmesser; Die Kautschuckröhre 0^m,4 in Länge und 0^m,015 im Durchmesser. Am Schlusse des Versuchs war der Hahn des frisch gefüllten Ballons offen, und die in dem Vorstoß enthaltene und von der Kohlensäure verdrängte Luft wurde unter einer Glocke aufgefangen. Nachdem die Kohlensäure durch Aetzkali absorbiert worden, zeigten 100 Theile des rückständigen Gases einen Sauerstoffgehalt von 17,64. Wasserstoffgas war also in den Vorstoß gedrungen.

Als ich statt des mit Kohlensäure gefüllten Ballons einen dieses Gas entbindenden Apparat, versehen mit einer Chlorcalcium-Röhre, nahm, konnte ich direct nachweisen, daß zwischen den beiden Gasen, die getrennt den Vorstoß und die Kautschuckröhre durchströmten, eine Diffusion stattfand. Zu dem Ende wurde die Kohlensäure in eine mit concentrirter Aetzkalilauge gefüllte Glocke geleitet, wo also alle Kohlensäure absorbiert wurde, und nur das Wasserstoff übrig bleiben konnte; während das durch die Kautschuckröhre gegangene Wasserstoffgas in ein Gefäß mit Kalkwasser geführt wurde, wo sich die geringste Spur von Kohlensäure verrathen musste.

IX. Es blieb nun noch übrig, ein Mittel aufzusuchen, dieser Durchdringlichkeit des Kautschucks für Gase möglichst abzuhelpfen. Ich nahm die kleine Röhre (II) von 0^m,25 Länge, in welcher sich das Quecksilber in 24 Stunden zwei Centimeter gesenkt hatte. Ich wiederholte den Versuch mit derselben, nachdem ich sie auswendig zwei Mal mit Leinöl bestrichen hatte. Nach 24 Stunden be-
trug

trug das Sinken des Quecksilbers nur ein Centimeter. Hierauf ließ ich die ganze Kautschucktafel zwei Stunden lang in heißem Leinöl maceriren und wiederholte dann den Versuch. Dieses Mal betrug die Senkung des Quecksilbers nach Ablauf dreier Tage höchstens 0^m,001.

X. Endlich will ich noch einen Versuch anführen, wobei ich die Durchdringlichkeit des Kautschucks mittelst eines elektrischen Stroms nachwies. Als eine Tafel aus dieser Substanz statt der Blase zu einem kleinen galvanoplastischen Apparat genommen wurde, ward das Kupferoxyd des Sulfats reducirt, obwohl in sehr geringer Menge. Ein Galvanometer mit dickem Draht gab eine Ablenkung von 4° bis 5°; bei einem Galvanometer mit 1500 Windungen dünnen Drahts betrug sie 40°.

VIII. Thermo-chemische Untersuchungen; von H. Hefl.

(Schluss von Seite 479.)

Thermo-chemische Constitution des schwefelsauren Zinks

121) Es ist ohne Zweifel von großem Interesse, die bei Bildung irgend eines Salzes entwickelte Wärme zu kennen. Für den Augenblick halte ich kein Salz für geeigneter hiezu, als das schwefelsaure Zink. Dieses hat mich veranlaßt, es zu studiren. Dieses Salz besteht im krystallisierten Zustand aus $ZnS + 7H_2O$. Seit langer Zeit weiß man, daß es an einem trocknen Ort verwittert und $6H_2O$ verliert; allein das letzte Atom Wasser hält es mit ziemlicher Kraft zurück, weshalb man es, nach den scharfsinnigen Bemerkungen von Graham, $ZnS \cdot H_2O + 6H_2O$ schreibt.

122) Wenn man das krystallisierte Salz in Wasser löst, so findet eine Wärme-Absorption statt. Da die Menge derselben sehr klein ist, so konnte der Versuch, der deren Bestimmung zum Zweck hatte, nur auf dem Wege der Mengung gemacht werden. Die folgende Tafel giebt an: 1.) das Gewicht des Glasgefäßes, berichtigt wegen seiner specifischen Wärme, oder dessen Werth in Wasser, ausgedrückt in Grammen, 2.) die Menge des aufgelösten Wassers, 3.) die Menge des zu seiner Auflösung angewandten Salzes, 4.) die specifische Wärme des entstandenen Gemenges, wie sie der directe Versuch gab, 5.) die beobachtete Senkung des Thermometers, 6.) endlich das für ein Aequivalent Salz berechnete Resultat: $O = 1$.

Wasser- werth des Glasge- fäßes.	Gelöstes Salz.	Ange- wandtes Wasser.	Specifische Wärme der Lösung.	Senkung des Ther- mometers.	1 Atom ZnS + 7H absorbiert Wärme.
65	63,87	800	0,9611	-1,8	250,5
43	63,8	400	0,9074	-1,6	251,8
65	102,1	400	0,9136	-1,6	253,3
65	100	800	0,9136	-1,6	252,7
65	100	800	0,9136	-1,5	236,9
65	100	800	0,9136	-1,6	252,7

Mittel 254,4

123) Zur Bestimmung der Wärmemenge, die sich bei der Verbindung von ZnSH mit 6H entbindet, löste ich, wie beim vorhergehenden Versuch, das Salz, welches nur noch ein Atom Wasser enthielt. Um mich indess zu versichern, dass das Salz wirklich nur ein Atom Wasser enthalte, glühte ich einige Grammen. Der Rückstand betrug 89,86 Proc. Nach Berzelius's Tafel hätten es 89,9 seyn sollen. Das efflorescire Salz enthielt also in der That nur ein Atom Wasser.

Wasser- wert des Glase- fasses.	Gelöstes Salz.	Angewand- tes Wasser.	Specifiche Wärme der Lösung.	Tempera- tur-Erhö- hung.	1 Atom ZnSH ent- wickelt Wärme.
65	345 ^{grm} ,04	800	0,98	2°,1	614,4
45	25 ,09	400	0,9335	3	589,4
65	62 ,3	837,7	0,9136	3 ,75	592,2
65	62 ,3	837,7	0,9136	3 ,8	600,2
65	62 ,3	837,7	0,9136	3 ,7	584,3
65	52 ,3	837,7	0,92	3 ,2	599,5
					Mittel 596,6.

124) Um die von dem wasserfreien Salz mit dem ersten Atome Wasser entwickelte Wärmemenge zu erhalten, löste ich auch dieses.

Wasser- wert des Glase- fasses.	Gewicht des Salzes.	Gewicht des Wassers.	Specifiche Wärme der Lösung.	Tempera- tur- Zunahme.	1 At. wasser- freies Salz entwickelt Wärme.
65	56 ^{grm}	844	0,9136	7°,6	1202
65	34 ,04	800	0,9611	4 ,6	1177
65	56 ,1	844	0,9136	7 ,55	1194
65	40 ,1	602,4	0,9136	7 ,4	1200
					Mittel 1193.

125) Um zu erfahren, wie viel Wärme bei Verbindung der Schwefelsäure mit Zinkoxyd entwickelt werde, bereitete man dieses Oxyd durch Verbrennung des Metalls. Das Oxyd erwies sich nicht ganz rein; es hinterliess einen unlöslichen Rückstand von 1,86 Proc. Die unten angeführten Mengen dieses Oxydes sind hienach berichtigt. Der Versuch wurde im Calorimeter angestellt. Man kann nicht concentrirte Schwefelsäure zu diesen Untersuchungen anwenden. Selbst wenn man mit schwacher Säure operirt, darf man das trockne Oxyd nicht darauf schütten, denn es würde sich fast augenblicklich eine feste Masse bilden, die sich nur sehr langsam löste. Am besten ist es, das Oxyd zuvor im Calorimeter mit

einer hinreichenden Menge Wasser zu mengen. Es entwickelt sich dabei keine Wärme. Dann beobachtet man das Thermometer, und nun erst fügt man die Säure hinzu; ich nahm die mit 6 Atomen Wasser = H^6S . Bei Berechnung dieser Versuche nahm ich, nach Regnault's Untersuchungen, die specifische Wärme des Zinkoxyds = 0,1248, die der angewandten Schwefelsäure = 0,6157. Endlich setzte ich voraus, dass, innerhalb der Dichtigkeitsgränzen der entstandenen Flüssigkeit, die specifische Wärme dieser aus den specifischen Wärmen ihrer Elemente zusammengesetzt sey. Es lässt sich für jetzt nicht behaupten, dass diese Voraussetzung ganz richtig sey; allein, es ist wenigstens gewiss, dass sie in vorliegendem Fall nur wenig von der Wahrheit abweichen kann.

Hier die Data des Versuchs:

	I.	II.	III.
Temper. d. umgebend. Luft	19° C.	19° C.	17° C.
dito d. Flüssigk. vor d. Vers.	17 ,1	15 ,9	12 ,2
dito dito dito nach dito	20	20 ,3	17 ,7
Temperatur-Zunahme	2 ,9	4 ,4	5 ,6
Angewandtes Zinkoxyd	86 ,7	131 ,8	168
Wasser, inwendig zugefügt	300	300	500
Angewandte Säure H^6S	211 ,5	423	423
Apparat und Wasser	10427	10427	10427
Wärme, von 1 At. Zn entwickelt	1879	1883	1822.

Es ist wesentlich zu bemerken, dass diese Zahl noch all die Wärme enthält, welche die Säure H^6S mit Wasser entwickelt haben würde. Man wird auch bemerken, dass, nachdem alles Zinkoxyd gelöst ist, ein mehr oder weniger beträchtlicher Ueberschuss an Säure zurückbleibt, und dass die von diesem entwickelte Wärme gar nichts mit dem Zweck unserer Untersuchung zu schaffen hat. Man muss sie also in Rechnung ziehen, und die erhal-

tene Wärme auf vollständig mit Wasser verdünnte Schwefelsäure zurückführen. Man erhält alsdann:

I.	II.	III.	Mittel.
----	-----	------	---------

1633,5	1630,8	1563,0	1609,1.
--------	--------	--------	---------

126) Um daraus die zwischen Zn und S entwickelte Säure abzuleiten, fügen wir alle von Wasser und Säure entwickelte Wärme hinzu.

So haben wir 1609,1

Wärme, vom Wasser (§. 105) 2566

4175,1

Wärme, vom ZnS mit 7H (§. 124) 1193

Also für Zn+S 2982,1.

127) Anlangend die durch Oxydation des Zinks entwickelte Wärme, so hat Du long drei Versuche gemacht, die gaben:

für ein Liter Sauerstoff 7599 ; 7378 ; 7753

Gramm 5307 ; 5153 ; 5414.

Ich glaube das Mittel dieser Zahlen annehmen zu müssen. Dasselbe ist 5291.

128) Die bei Bildung des schwefelsauren Zinkoxyds entwickelte Wärme ist also:

Zn+O 5291

S +O³ 6391

Zn+S 2982,1

ZnS+H 596,4

ZnSH+6H 805,8

16111,3.

Von dieser Menge werden 254,4 bei Lösung des Salzes verschlucht. — Die Zahl, welche die entwickelte Wärme ausdrückt, bezieht sich auf die Stelle, welche das Zeichen + in der Formel einnimmt.

129.) Es haben so viel Zahlen und Versuche zur Bildung dieser Tafel beigetragen, daß es unmöglich ist, ihr volles Vertrauen zu schenken. Der Experimentator, der in einem solchen Falle nicht Anstoß fände, würde sich wahrscheinlich bald irren. Man muß also ein Prüfungsmittel aufsuchen, und dieses bietet sich von selbst dar: die Erzeugung derselben Verbindung auf anderem Wege. Im gegenwärtigen Fall bietet uns die Lösung des Zinks in Säure das Mittel dar; und eben deshalb wählte ich eigends das schwefelsaure Zinkosyd.

Von der Lösung des Zinks in Säuren.

130) Mag man Wasserstoff darstellen, oder den Vorgang in der Säule studiren wollen, so hat man Zink in Säure zu lösen. Diese Lösung wird von einer Wärme-Entwickelung begleitet, die genau zu kennen von Nutzen ist. Vor zwei Jahren hatte ich versucht, sie zu bestimmen; allein, eines Ausgangspunkts entbehrend, wußte ich nicht, worauf die erhaltenen Zahlen zu beziehen seyen.

Als Mittel aus 15 Versuchen fand ich, daß ein Atom Säure H^+S an Wärme 545 entwickelt ($S=1$); auf $O=1$ bezogen, giebt dies:

für ein Atom Zink 2731°
Wärme, von der Säure 233
1926 2498.

Ich wiederholte den Versuch, um zu sehen, ob ich noch jetzt dieselbe Zahl finden würde, und erhielt, nach vollzogener Berichtigung 2529 und 2531.

131) Man mag Zinkoxyd oder Zink in Schwefelsäure lösen, so ist das Product in beiden Fällen das nämliche, obwohl der Proces verscheiden ist. Wir können also die in beiden Fällen verausgabten Wärmemengen vergleichen. Sie werden eine Gleichung darstellen, deren beide Seiten ein und dasselbe Glied enthalten und

dies ist die bei Bildung der Schwefelsäure entbundene Wärme, welche wir vernachlässigen.

Die erste Zahl besteht offenbar aus der bei Oxydation des Zinks und der bei Lösung des Oxyds entwickelten Wärme. Die zweite Zahl besteht natürlich aus der bei Lösung des Metalls entbundenen Wärme plus einer gewissen unbekannten Gröfse. Für diese finden wir 4371, was beinahe die bei Oxydation des Wasserstoffs entbundene Wärme ist. Offenbar wird, bei Bildung des schwefelsäuren Zinkoxyds durch Lösung des Zinks, das Metall nicht durch freien Sauerstoff oxydiert, sondern durch den Sauerstoff, der bei seiner Verbindung mit Wasserstoff einen Theil seiner Wärme entwickelt hat. Um also die ganze Wärmesumme zu erhalten, muss man alle bei Bildung des Wassers entbundene Wärme hinzufügen und den Wasserstoff in Freiheit setzen. Dies bewirkt sich von selbst; man braucht nur die angedeutete Addition zu vollziehen. Wir haben also:

Zn + O	5291	und	H ² + O	4350
Zn + SAq	1609	-	Zn + SAq	2529
	6900			6879

Der Unterschied beider Zahlen, 21, überschreitet in keiner Weise die Gränzen der Beobachtungsfehler. Es ist selbst nicht wahrscheinlich, dass sich die Fehler blos auf der einen Seite befinden. Unter allen diesen Zahlen scheint mir die wenigst zweifelhaft die zu seyn, welche der Lösung des Zinkoxyds in der Säure entspricht, dann die, welche der Lösung des Metalls in der Säure zukommt.

(132) Es scheint mir von Interesse für die Wissenschaft, bei dieser Prüfungsweise zu verweilen. Vereinzelte Versuche liefern keine Gewähr. Am schwierigsten ist gewiss, sich selbst vor Irrthümern zu hüten. Bei einem so schwierigen Gegenstande kann man sich nicht genug gegen sein eigenes Urtheil verwahren, und deshalb

wird diese Prüfung, welche gänzlich auf den *Satz von der Beständigkeit der Summen* beruht, kostlich. Auch war er mir im gegenwärtigen Fall von großer Hülfe. Ich gelangte nicht sogleich zu recht übereinstimmenden Zahlen; ich begann zu glauben, die aus der Lösung des Zinkoxyds in Schwefelsäure entstehende Wärme sey 1882. Allein, da bei dieser Annahme die Beständigkeit der Summen nur ziemlich angenähert stattfand, ward ich genöthigt alle meine Rechnungen wieder durchzusehen, und da fand ich, dass, weil die Säure im Ueberschuss angewandt worden war, ein Theil der entwickelten Wärme von ihr herrührte. Nach Abzug dieser Menge fand ich nun, dass die Zahl 1654 sey. Die Uebereinstimmung ist ziemlich genügend, da die Abweichung nicht mehr als 66 auf 6900 beträgt. Nachdem ich jedoch zu einem anderen, eben erwähnten Prüfungsmittel geführt worden war, fand ich, dass die durch Lösung des Zinkoxyds in Schwefelsäure entstehende Wärme nur 1606 bis 1610 betrug. Beim Aufsuchen der Ursache dieser Missstimmung fand ich, dass die Berichtigung, wegen der aus der Säure herrührenden Wärme, nach der früher für die Schwefelsäure angenommenen Zahl gemacht worden war, und dass, von der im §. 105 angenommenen Zahl ausgegangen, das berichtigte Resultat, wie angegeben, 1609 wurde.

133) Um Rectificationen zu erhalten, suchte ich zu bestimmen, welche Wärmemenge sich bei Lösung des Zinkoxyds in Schwefel-, Salpeter und Chlorwasserstoffsäure entwickele. Alle diese Versuche wurden nach der Methode der Mengung, also ohne Hülfe des Calorimeters gemacht. Wohl verstanden, war die Säure vollständig mit Wasser verdünnt, so dass sich die erhaltene Wärme nur auf das Zinkoxyd bezieht. Für ein Aequivalent Zink erhielt ich

Schwefelsäure:

1605 ; 1598 ; 1636 ; Mittel 1610

Salpetersäure:

1476 ; 1474 ; 1468 ; Mittel 1472

Chlorwasserstoffsäure:

1251 ; 1275 ; 1300 ; Mittel 1275,3.

134) Zu gleicher Zeit, da ich die bei Lösung des Zinks in Schwefelsäure entwickelte Wärme zu bestimmen suchte, machte ich auch ähnliche Versuche mit Salzsäure. Ich fand, dass ein Aequivalent Zink entwickelte 2185

Nimmt man aus §. 133 die bei Lösung des Zinkoxyds in derselben Säure entwickelte Wärme, so hat man:

$$\begin{array}{rcl} \text{Zn} + \text{O} & = 5291 & \text{Zn} + \text{HCl} = 2185 \\ \text{Zn} + \text{HCl} & = 1275 & \text{H}^+ + \text{O} = 4350 \\ \hline & 6566 & 6535. \end{array}$$

135) Ich habe noch eine Zahl zu prüfen, die, im §. 118 für die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Bleioxyd erhaltene. Sie war 1454. Um sie zu prüfen, ging ich vom Satz der Thermoneutralität aus (§. 69), und suchte, zwei Salze, welche vollkommen *thermo-neutral* seyen, d. h. sich, zusammengemengt, ohne alle Temperaturänderung gegenseitig zersetzen. Da ich mich zuvor überzeugt, dass dies der Fall sey, wenn man Lösungen von schwefelsaurem Zink und von salpetersaurem Blei vermische, suchte ich für diese die thermischen Elemente auf.

136) Immer die Säure als vollständig mit Wasser verdünnt, und daher keine Wärme entwickelnd, vorausgesetzt, fand ich mittelst Mengung:

Bleioxyd und Salpetersäure

1320.

Wir haben also:

$$\begin{array}{rcl} \text{ZnS} & = 1616 & \text{und} \quad \text{ZnN} = 1472 \\ \text{PbN} & = 1320 & \text{also} \quad \text{PbS} = 1458 \\ \hline & 2930 & 2930. \end{array}$$

Wer über dieses Resultat nachdenkt, wird sogleich bemerken, dass alle diese Zahlen eine uns unbekannte Größe enthalten, nämlich die Wärme, welche, wie wir an-

nehmen müssen beim Uebergang des Zinks und des Bleioxyds in den Auflösungszustand verschlucht wird. Dagegen würde das schwefelsaure Bleioxyd, indem es sich niederschlägt, Wärme entwickeln müssen, und doch findet Thermo-Neutralität statt.

Was die Lösung des Zinkoxyds betrifft, so begreift man leicht, daß sie das Resultat nicht trüben kann, da sie auf beiden Seiten ist, statthaft. Anderer verhält es sich mit der Lösung des Bleioxys, die nun in dem einen Fall und nicht in dem anderen geschieht. Es scheint also, daß wenn man, trotz der Unlöslichkeit des schwefelsauren Bleioxys, keine Temperaturveränderung bemerkte, eine Temperatur-Compensation stattfinden müsse, und diese könnte wohl in der Wassermenge liegen, die sich in beiden Fällen mit den Salzen verbindet. Diese Menge ist nicht gleich. Das schwefelsaure Zinkoxyd enthält 7 Atome Wasser, das salpetersaure dagegen nur 6; ein Atom wird also in Freiheit gesetzt und muß Wärme entwickeln. Es bedarf mithin einer besonderen Untersuchung, um diesen Punkt aufzuklären.

Nouerdings ist die Aufmerksamkeit der Physiker, die sich mit der Voltäischen Säule beschäftigen, auf die Wärme-Erscheinungen bei derselben hingelenkt worden. Ich erinnere nur an die interessante Abhandlung, die Hr. Joule im Octoberheft 1841 des *Philosophical Magazine* (*On the heat evolved by metallic conductors of Electricity and in the Cells of a Battery*) veröffentlicht hat. Hr. Joule bemerkte, daß man um sich eine richtige Idee von der in der Zelle erzeugten Wärme zu machen, alle aus einer nicht electrolytischen Quelle entspringende Wärme eliminiren müsse. Und da er es als bewiesen ansieht, daß die Verbindung eines Oxyds mit einer Säure zu dieser Klasse gehört, so hält er es für nothwendig die beobachtete Wärme zu berichtigten um die ganze Wärmemenge, die bei Lösung des Zinkoxyds in der Säure an uns einer solchen Wärme abziehen sollte.

entsteht. Der Verfasser hat mehrere Versuche gewacht, diese Menge zu bestimmen, und in Mittel gefunden, dass 100 Gran Zinkoxyd bei Lösung in Schwefelsäure eine Wärmemenge liefern, die zwei Pfund Wasser um $3^{\circ},44$ F. in der Temperatur erhöhen. Nach Reduction mit diesen Zahlen findet man, dass die bei Lösung eines Atoms Zink entstehende Wärme, Hrn. Joule zufolge, 1108 ist. Wir haben gesehen, dass sie 1660 beträgt. Mithin ist die von ihm gefundene Zahl im Verhältniss 11 : 16 zu klein.

Als Wirkung der Säule erhielt Hr. Joule eine Temperatur-Erhöhung von $4^{\circ},6$ F. in zwei Pfund Wasser. Die wegen der aus dem Zinkoxyd entspringende Wärme zu machende Berichtigung ist, bezogen auf die gelöste Metallmenge, $2^{\circ},5$. Er sagt uns also, dass $4^{\circ},6 - 2^{\circ},5 = 2^{\circ},1$ die Wärme aus der Volta'schen Wirkung (*the correct voltaic heat*) vorstelle. Ich muss indess bemerken, dass die Berichtigung, die er angebracht, im Verhältniss 11 : 16 zu gering ist. Sie ist also 3,68, und es bliebe folglich nur $0^{\circ},97$ für die Wärme aus der Volta'schen Wirkung.

Unter thermo-chemischem Gesichtspunkt erleidet offenbar dieser Versuch eine ganz andere Auslegung. In der That ist es das Zink, welches gelöst wird; und die aus dieser Lösung entspringende Wärme ist 2529, d. h. sie steht zu der vom Verfasser angegebenen Berichtigung im Verhältniss 11 : 25, und dies gibt $5^{\circ},68$. Der Versuch des Hrn. Joule gibt nicht einmal Rechenschaft von aller entwickelten Wärme, und das müfste geschehen, da sein Apparat nicht von der Art war so viel Wärme zu sammeln.

Wesentlich scheint mir, festzustellen, ob der Volta'sche Strom an sich eine Wärmequelle sey? Zu dem Ende ist es nothwendig, alle bei Lösung des Metalls in Säure entstehende Wärme in Rechnung zu nehmen. Diese Menge ist unabhängig von der Natur des Gefüses, in

welchem die Auflösung geschieht; ich habe durchaus dieselbe Zahl erhalten, ich möchte ein *Glasgefäß* oder einen *Kupfer-Apparat* anwenden.

(Wird vom Verfasser nächstens fortgesetzt.)

IX. Ausstrahlung des Schnees.

Boussingault hat im letzten Winter einige Beobachtungen gemacht, um zu erfahren, ob der Schnee, welcher besäten Boden bedeckt, gleich einem Schirm wirke, denselben gegen die nächtliche Ausstrahlung schütze. Er bediente sich dazu dreier Thermometer. Das erste lag auf dem Schnee, aber seine Kugel war während der Nacht mit einer etwa 2 bis 3 Millimeter dicken Schicht von pulverigem Schnee bedeckt. Das zweite lag unter der Schneedecke, mit der einen Seite seiner Kugel den Erdboden berührend. Das dritte hing in freier Luft, 12 Meter über dem Boden, im Norden eines Gebäudes, und geschützt vor zu grosser Ausstrahlung. Die Schneedecke war 0^m.1 dick, und lag auf einem mit Winterkorn besätem Felde. Die Sonne schien an den Tagen der Beobachtungen mit voller Kraft auf das Schneefeld.

	1842.	Thermometer		
		unter d. Schnee.	auf d. Schnee.	ind. Luft.
1)	11. Febr. 5 ^h $\frac{1}{2}$ Ab.	0°	— 1°,5	+2°,5
2)	12. - 7 ^h Morg.	— 3°,5	— 12 ,0	— 3°,5
3)	- - 5 ^h $\frac{1}{2}$ Ab.	0°	— 1°,4	+3°,0
4)	13. - 7 ^h Morg.	— 2°,0	— 8°,2	— 3°,8
5)	- - 5 ^h $\frac{1}{2}$ Ab.	0°	— 1°,0	+4°,5
6)	14. - 7 ^h Morg.	0°	+ 0°,5	+2°,0

Bemerkungen. — 1) Sonne seit einer halben Stunde hinter Bergen; Himmel wolkenlos; Luft sehr ruhig. — 2) Nacht sehr schön, keine Wolken, windstill; um 7^h noch kein Sonnenschein auf dem Feld. — 3) Sonne schon hinter Bergen. — 4) Luft etwas unruhig, Himmel grau. — 5) Luft ruhig, Himmel bedeckt, Sonne hinter Bergen. — 6) Westwind, feiner Regen. — (Compt. rend. T. XIV p. 405.)

X. *Bemerkungen über Hrn. Prof. Sefström's Untersuchung über die auf den Felsen Scandinaviens vorhandenen Furchen; und über Hrn. Böthlingks Notiz: Einige Verhältnisse in dem Erscheinen der Diluvial-Schrammen in den Scandinaischen Gebirgen, welche der Gletschertheorie des Hrn. Agassiz zu widersprechen scheinen;*
von Escher von der Linth.

Hr. Prof. Sefström¹⁾ schreibt die Entstehung der Furchen auf dem Felsboden Scandinaviens der Wirkung einer mächtigen Fluth zu, und Hr. Böthlingk²⁾ sucht darzuthun, dass diese Furchen nicht durch Gletscher hervorgebracht seyn können.

Da ich Scandinavien aus eigener Anschauung nicht kenne, so bin ich auch weit entfernt mir ein bestimmtes Urtheil über den Grund der dortigen Diluvialschrammen anmaßen zu wollen; es scheint mir indefs, dass gerade die so genaue Beschreibung, welche man Hrn. Sefström von dieser Erscheinung verdankt, und die von Hrn. Böthlingk aufgestellten Einwürfe nicht nur der Entstehung durch Gletscher nicht widersprechen, sondern ihr sogar günstig sind.

In Uebereinstimmung mit den Beobachtungen des Hrn. Sefström bemerkt Hr. Böthlingk:

1) »An dem von Hrn. Sefström abgebildeten, gerundeten Felsen folgen die über den höchsten Rücken gehenden Furchen alle einer gleichen Richtung; auf beiden Seiten folgen sie der Convexität des Felsens; von

1) Annalen, Bd. XXXXIII S. 533.

2) Compt. rend. T. XII p. 1224.

der Mitte des Felsens an biegen sie sich wieder einwärts. Dieser, bei jedem Schritte sich wiederholende Erscheinung beweist, dass die Körper, welche die Ausforschung bewirkten, trotz ihrer bestimmten Richtung, diese doch ändern konnten, wenn ein Widerstand, wie ein Felsen, sie zum Ausweichen zwang, das sie sich aber hinter dem Felsen einander wieder näherten, weil das Hinderniss hier plötzlich aufgehört hatte. Wir überlassen es nun zu beurtheilen, inwiefern eine solche Beweglichkeit der furchenden Körper sich mit der Idee eines so viel als unbeweglichen Gletschers vereinigen lasse.“

Hr. Sefström führt indes selbst an diesem Felsen bei *a*, *b*, *L*, *M* Furchen an, deren Richtung ihm schwierig zu erklären scheint. Die bedeutenden Abweichungen, welche die Furchen in einem großen Theile Scandinaviens von der Normalrichtung haben, und die so auffallende Verschiedenheit ihrer Richtung an mehreren nahe bei einander liegenden Stellen ist nicht weniger räthselhaft. Noch andere Abweichungen in der Richtung der Furchen glaubt Hr. Sefström mit Stillschweigen übergehen zu sollen, bis man durch fernere Beobachtungen in den Stand gesetzt sey, genauere Betrachtungen über die Richtung der Geröllfluth anstellen zu können.

Hieraus geht hervor, dass die Richtungen der Furchen wenigstens gegenwärtig durch die Annahme einer Geröllfluth noch nicht befriedigend erklärt sind.

Vergleicht man nun den von Hrn. Sefström abgebildeten Felsen mit einem Fels, der zeitweise durch einen Sand, Gerölle und mächtige Blöcke fortwälzenden Strom bedeckt und dabei abgerieben worden ist¹⁾, so zeigen die beiden Felsen nicht die nämlichen Formen. Die hauptsächlichsten Verschiedenheiten sind folgende:

1) Die Bette fast aller Gebirgsströme liefern Beispiele von solchen Felsen; Felsen, die in der Tiefe der Strombette beständig unter Wasser bleiben, werden gewiss ganz ähnlich abgerieben, wie die ersten; da man sie aber nicht genauer untersuchen kann, so schien mir die Vergleichung der andern zweckmässiger.

a) Der abgebildete Fels ist bloß an der Stossseite abgerundet; an der Leeseite sind die Kanten größttheils scharf geblieben; die Beschreibung hebt ausdrücklich hervor, daß dieselbe Erscheinung sich an allen Bergen und Felskuppen des Furchenbezirks wiederhole. b) Die Felsen dagegen, welche durch Geröll und Bibekof führende Ströme abgerundet und geschliffen worden, sind nicht bloß an der Stossseite, sondern auch an der Leeseite mehr oder weniger abgerundet und ausgeschliffen, oft (bei günstiger Form) eben so sehr wie an der Stossseite. Es ist dies auch sehr natürlich, der Sand und die Steine, welche von der Stossseite her durch die Gewalt des Wassers über den ganzen Felsen weggetrieben werden, müssen an der Leeseite hinabgleitend, die ursprünglich scharfen Ecken und Kanten der letzteren abrunden und ausfurchen; als Ausnahmen von dieser Regel sind bloß für die Fälle denkbar, wo die Leeseite aus einer so viel als senkrechten oder überhängenden Wand besteht; ich bedinne mich indes nicht mit Bestimmtheit auf ein solches Beispiel.

b) Hr. Se fabröm sagt: *hier gebaut wird und so*
Die über den höchsten Rücken des Felsens gehen
die Furchen folgen alle einer gleichen Richtung, wie
wenn sie mit einem Lineale gezogen wären. Stellt
 man sich dagegen vor die Nordseite des Felsens, d. h.
 dorthin, von wo der Geröllstrom gekommen ist, mit
 dem Gesicht nach Süden gewandt, so findet man, daß
 die (laut einer anderen Stelle ziemlich horizontal fort-
 laufenden) Furchen auf der Westseite nach der Rech-
 nten, auf der Ostseite nach der Linken abweichen.

Ich habe mich nun sehr häufig in felsigen Belten von Bergströmen in die Richtung des Stromes gestellt, und auf diese Weise an den tiefsten Stellen des *Rinsals*, allerdings zuweilen mehr oder minder tiefe Furchen entdeckt, die in gerader Linie ziemlich weit fortlaufen; jedoch waren sie fast nie gleichmäßig breit und tief. Es

ist mir aber nie gelungen, weder an frei aus dem Strombette herausragenden Felsmassen, noch an dessen Seitenwänden Furchen zu sehen, die auch nur einige Fuß weit einer bestimmten Richtung gefolgt wären, sondern die Felsen waren in diesen Fällen entweder ziemlich gleichförmig abgeschliffen oder sie zeigten eine Menge unregelmässiger, oft flacher, oft tiefer Aushöhlungen und buckelförmiger Erhöhungen. Fragt man sich überhaupt, welche Wirkungen ein mit Geschieben belasteter Strom auf die Seitenwände seines Bettes ausüben müsse, so wird man es gewiss wahrscheinlicher finden, dass die Abrundung und Ausfurcbung sehr ungleichförmig sey, wie die Erfahrung zeigt, als dass bestimmte Furchen entstehen, die auf ziemlich grosse Entfernungen derselben Richtung folgen.

In der That, die Geschiebe werden an der Stoßseite durch den Wasserschwall meist bald über diese, bald über jene Stelle der aufsteigenden Felsfläche hingewälzt; ihre Wirkung wird daher auch gewöhnlich ziemlich gleichförmig und der Fels hier glatt abgerieben seyn; an den Seitenwänden wird die Wirkung ebenfalls entweder ziemlich gleichförmig oder ungleichartig seyn, je nach der Gestalt des Strombetts; jedenfalls aber lässt sich die Möglichkeit von Furchenbildung, naunentlich von fast horizontaler, gar nicht einsehen. Welche Schnelligkeit man auch dem Strome geben möge, so kann man doch unmöglich annehmen, dass ein Geschiebe, wenn es einmal die Uferwand berührt, längs dieser in horizontaler Richtung fortgetrieben werden könne, ohne sich umzudrehen, ohne abzuprellen und ohne auf den Boden zu fallen.

c) Hr. Sefström spricht auch von Furchen, die so sein seyen, dass man das Gestein in der richtigen Beleuchtung betrachten müsse, um ihre Richtung aus der Abwechselung von Licht und Schatten bestimmen zu können; diese Furchen sind, nach Hrn. Sefström, der Richtung der

der Fluth ohne Abweichung gefolgt, und laufen zuweilen mit den groben Furchen nicht parallel.

Die HH. v. Charpentier und Agassiz haben uns bereits in ihren Werken über die Gletscher und den Transport der Fündlinge versichert, dass ein Wasserstrom nie solche feine Furchen hervorbringe; ich muss mich völlig ihrer Ansicht anschliessen. Denn obgleich ich mich im verflossenen Jahre in vielen der wildesten Gebirgsfluthen der Schweiz bemüht habe, solche feine Furchen an den vom Strome abgerundeten Felsen aufzufinden, und mich an trocknen Stellen auf den Boden hinlegte, um die Oberfläche recht genau untersuchen zu können, so habe ich doch auf *keinem* Gesteine solche *feine* Furchen mit irgend einiger Bestimmtheit sehen können; und doch waren an manchen Orten *so* sehr alle Verhältnisse vereinigt, welche die Entstehung solcher Furchen begünstigen können, dass sie hätten entstehen müssen, wenn überhaupt die Geschiebe oder Blöcke, welche ein Strom fortwälzt, dergleichen Furchen in seinem Bette oder an seinen Seitenwänden hervorbringen könnte.

Gegen diese Vergleichung der Formen des gegenwärtigen Wasserschliffs in Strombetten mit denjenigen des Felsbodens Scandinaviens wird vielleicht eingewendet, sie sey ganz unpassend, und führe zu keinem Resultat, indem die Wirkungen einer gewaltigen Fluth, wie die von Hrn. Sefström angenommene, auf den Felsboden sehr verschieden seyn werden von denjenigen eines Bergstroms, der im Verhältnis zu jener immer unendlich klein bleibt. Dies auch zugegeben, scheint mir doch, dass in beiden Fällen die *Art* der Wirkungen ähnlich seyn sollte, da auch die Kraft eine ähnliche ist; am kleinsten Bächlein, das Geschiebe führt, finden wir ähnliche Wirkungen auf sein Felsenbett, wie am größten, wildesten Bergstrom, nur in kleinerem Maafsstabe.

Vergleicht man nun dagegen den von Hrn. Sefström abgebildeten Felsen mit denjenigen, welche durch

die jetzigen *Gletscher* abgeschliffen und ausgefurcht werden, so findet man zwischen ihnen eine solche Ueber-einstimmung, dass der erstere als ein Normalbeispiel von Gletscherschliff an einem einzelnen, aus dem Gletscherbette ausragenden Felsen angesehen werden kann.

Hier wie dort Abrundung des Felsens an der Stosseite, mehr oder minder vollständige Erhaltung der Kanten und Ecken an der Leeseite; auf dem Rücken des Felsens an der Stosseite, vom Fuß bis auf den Gipfel hinauf, im Allgemeinen geradlinige und parallele Richtung der Furchen; von dieser Längenaxe aus zu beiden Seiten mehr und minder bedeutende Divergenz der Furchen, gewöhnlich parallel den Seitenflächen des Felsens, gegen die Leeseite hin wieder Convergenz der Furchen und ziemlich horizontale Lage derselben; übrigens nicht selten hie und da von der allgemeinen Regel einzelne Ausnahmen, deren Ursache häufig entweder gar nicht abzusehen ist, oder doch sehr zweifelhaft bleibt; ferner Vorhandenseyn einer Menge ganz feiner, wie mit dem Grabstichel gezogener Furchen oder Streifen, die oft bedeutende Strecken weit unter einander parallel fortlaufen, meist auch der Richtung der gröberen Furchen folgen, zuweilen indefs auch nicht.

Diese Formen des Gletscherschliffs sind auch demjenigen leicht begreiflich, der Gelegenheit gehabt hat, den höchst einfachen Mechanismus der Gletscherschleisen zu sehen. Die HH. v. Charpentier und Agassiz geben in ihren Werken über die Gletscher sehr treffende und anschauliche Beschreibungen von dieser früher nicht beachteten Erscheinung; nur scheint mir, dass sie der rundenden Kraft des Eises eine etwas zu grosse Rolle zugtheilt haben. Zufolge dem, was ich gesehen, sind es ganz besonders die am Rande und an der unteren Fläche des Gletschers in's Eis eingefrorenen Gesteinstücke, welche die Abrundung und Ausfurchung des Gesteins bewirken; in der That habe ich überall, wo ich einen

Gletscher unmittelbar auf dem Boden aufliegend oder an felsigen Seitenwänden anliegend sah, in der Nähe der Gränzflächen des Eises eine Menge gröserer und kleinerer Gesteinstücke und Sandkörner in's Eis fest eingebacken gefunden^{1).}

Beifolgende Skizze (Taf. III Fig. 7) stellt im Profil einen im Juli 1841 abgezeichneten Theil des Viesch-Gletschers im Oberwallis und seines granitischen Felsufers dar; damals war unten zwischen dem Eise (*e, e, e*), und der Granitwand (*g, g, g*) ein hohler Raum, der sich

1) Der bisherigen Behauptung, dass man im ächten Gletschereise keine Unreinigkeiten antreffe, muss ich auf's Bestimmteste widersprechen. Nicht nur sind mitten im Gletschereise, mehrere Fuß von allen Spalten entfernt, häufig kleine Klümpchen von zusammengesintertem feinen Schlamme sichtbar, sondern am Rande des Viesch-Gletschers waren im verflossenen Jahre eine Menge Steinstücke in schönes, sehr grobkörniges, ganz ächten Gletschereis so fest eingebacken, dass ich nur mit großer Mühe durch Hämmerschläge eines derselben herauslösen konnte. Sehr häufig werden auch ausgedehnte horizontale Strecken von Gletschern, in der Nähe ihrer unteren Fläche, aus einer wahren Breccie gebildet, deren Hauptmasse aus grossen und kleinen Gesteinstücken besteht, und welcher das Gletschereis nur als Cement dient. Auf dem Finelen-Gletscher endlich (im St. Niclaus-Thal), der seit 20 Jahren beständig im Abnehmen begriffen ist, sah man im letzten Jahre aus dem reinen, ächten Gletschereise eine Schuttmasse von mehreren hundert Fuß Länge und Breite hervortauchen; sie war zum Theil noch mit reinem Gletschereise bedeckt, wird aber, wenn der Gletscher in den nächsten Jahren fortfährt an Höhe absunehmen und an seiner Oberfläche abzuschmelzen, bald ganz entblößt seyn, so dass dann kein Mensch mehr ahnen würde, dass diese Gufermasse vor 30 Jahren noch wenigstens 100 Fuß hoch (zufolge der Blöcke, welche beim damaligen höheren Gletscherstande auf einen Absatz der felsigen Seitenwand hinabgefallen sind) von Gletschereise bedeckt war. Das Vorkommen solcher Unreinigkeiten mitten im Gletscher lässt sich übrigens eben sowohl aus der Ausdehnungs- wie aus der Gewichtstheorie erklären.

Taf. III Fig. 8 gibt ein ungefähres Bild von den Erscheinungen am Finelen-Gletscher; *aa* ist der Gufer (Schutt), der am 25. Aug. 1841 theilweise mit ächten Gletschereise bedeckt war; *b* sind die Blöcke, die der Gletscher vor etwa 20 Jahren abgelagert hat.

ziemlich weit erstreckte, und dessen Boden mit einer Menge feinen und groben Sandes und grosser Granittrümmer bedeckt war, oben dagegen lag das Eis ganz unmittelbar auf dem Granitufer auf, und enthielt an seiner Gränzfläche fest eingebacken eine Menge verschiedenartiger Gesteinstücke. Die Granitwand ist, wie die Figur zeigt, völlig abgerundet; die grossen, mehr als fußbreiten Furchen erstrecken sich sehr weit, und laufen ungefähr der allgemeinen Abdachung der Gletscher parallel; überdiess sieht man sowohl an den concaven als an den convexen Stellen in der nämlichen Richtung einzelne kleinere Furchen von 1 bis 3 Zoll Breite, und hauptsächlich in diesen, jedoch auch auf der ganzen abgeschliffenen Fläche, zeigt sich eine Menge den Furchen paralleler, höchst feiner, kaum erkennbarer Streifchen.

Der Augenschein muss hier auch die vorher Ungläubigsten völlig überzeugen, dass jeder der im Eise eingebackenen und fest an die Felswand geprefsten Steine durch das allmäliche Vorrücken ¹⁾ des Gletscher ebenfalls mit vorwärts geschoben worden, und also in der Richtung dieser Bewegung eine Reibung auf die Wand ausgeübt haben müsse. Eben so klar ergiebt sich, dass das Resultat dieser Reibung entweder eine Abglättung oder eine Ausfurchung seyn müsse, je nach der Gestalt der Felswand, je nachdem der vorrückende Stein aus gleich hartem oder aus härterem Material (in diesem Falle z. B. reinen Quarzstücken) als die Felswand besteht, und je nachdem seine Form glatt oder rauh ist. Besteht der reibende Stein aus Quarz und ist seine Oberfläche zackig, so wird jeder seiner vorragenden Zacken

1) Alle Anwohner von Gletschern, die ich über die Art des Vorrückens befragen konnte, versicherten mich einstimmig, dass der Gletscher, abgesehen von eigentlichen Stürzen, ganz unmerklich sich fortbewege. Mehrere bedienten sich des Ausdrucks, „er wächst wie eine Pflanze.“

seinen Weg durch fein eingegrabene Streifchen bezeichnen; ähnliche Resultate muss auch der feine, zwischen der Wand und dem Gletscher befindliche Sand bewirken.

Es wird nun wohl sehr natürlich erscheinen, dass ein aus dem Gletscherbett hervorragender Fels durch lange Zeit anhaltende Wirkung der über ihn sich fortbewegenden Gletschermasse allmälig eine Gestalt erhalten muss, welche der des von Hrn. Sefström abgebildeten Felsens sehr ähnlich seyn wird. Die Steine, welche am Fusse seines Rückens anlangen, werden durch die Eismasse in gerader Richtung über denselben hinweggeführt; die etwas zur Seite liegenden werden aber in den meisten Fällen etwas rechts und links ausweichen sammt der sie umschliessenden Gletschermasse, welche, wie unzählige Beispiele beweisen, in der Nähe solcher Felsenbukkel immer mehr oder weniger zerspalten ist.

Am wenigsten unerwartet werden, wie auch Herr Agassiz, S. 197 seines Werks, hervorhebt, kleine Abweichungen von der Hauptrichtung der Furchen und Streifen seyn, wenn man an die zahlreichen Ursachen denkt, welche an solchen Stellen die Richtung einiger Gletscherteile häufig ändern müssen; solche Ursachen sind z. B. Einstürze von Gletscherpyramiden, von Höhlen an der unteren Gletscherseite, die zufällige Art, wie Steine, die zwischen den Gletscherrand und die Felswand hinabfallen, eingeklemmt werden, die unregelmässige Gestalt des Felsens selbst, welche die zunächst anliegenden Eismassen einen sonst ganz ungewöhnlichen Weg zu machen zwingt.

Es ist oben auch angeführt worden, dass solche aus dem Gletscherboden ausragende Felsen an der Leeseite, wenn diese steil ist, gar nicht oder nur wenig abgerundet seyen. Man sieht in der That auch nicht ein, wie es anders seyn könnte. Der thalabwärts rückende Gletscher übt auf die Leeseite des Felsens keine Reibung, höchstens (bei Annahme der Ausdehnungstheorie) einen

gewissen Druck aus. Schliff aber kann bloß an den Stellen entstehen, auf oder neben welchen der Gletscher sich fortbewegte; selbst in diesen Fällen ist er zuweilen schwach ausgebildet, was vermutlich daher röhrt, daß keine oder nur wenige Steine sich an der Scheidungsfläche von Eis und Fels vorgefunden haben. Auch bei Gegenwart von vielen Steinen ist die Abrundung und der Schliff sehr unvollkommen, wenn der Gletscher mit der Schichtfläche des Gesteins ganz oder fast ganz parallel läuft. Trotz der obigen Bemerkung möchte ich indefs nicht behaupten, daß das Eis selbst nicht auch zur Abrundung, und namentlich zur Politur der Felsen beitrage.

2) Hr. Böthlingk führt in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen des Hrn. Sefström an, daß die kesselförmigen, zum Theil mit Steinen gefüllten Aushöhlungen (Riesentöpfe) an der Leeseite der abgerundeten Felsen auf Wasserwirbel hindeuten, ähnlich denen die sich heut zu Tage in Strömen hinter Landzungen bilden. Hr. Sefström beschreibt aber auch den Riesentopf von Trollhätta als auf dem Gipfel des Berges liegend, und sagt ferner ausdrücklich, daß diese Riesentöpfe meistens am Rande eines Berges liegen, auch dort, wo die Geröllfluth ih die Höhe ging.

Es ist nun gewiß sehr schwer zu begreifen, wie ein Geröllstrom auf dem Gipfel eines Berges oder bei seinem Ansteigen an einem Abhange hinauf kesselförmige Auswaschungen bewirken kann; es ist mir auch nicht bekannt, daß irgend Jemand bei den jetzigen Strömen irgend etwas Aehnliches gesehen hätte.

Hr. v. Charpentier hat bereits vor vielen Jahren in der Nähe von Bex und von Sitten ganz ähnliche kesselförmige Vertiefungen, theils auf dem Gipfel, theils am Abhange von wasserlosen Hügeln beobachtet, und sie als einen der zahlreichen Beweise für die frühere Existenz von Gletschern in dieser Gegend erkannt.

Hr. Agassiz beschreibt ebenfalls ähnliche Kessel

als Wirkung von Wasserfällen, die durch Gletscher hindurchgehen. Und in der That, wer Gelegenheit gehabt hat, solche Wasserfälle zu sehen, muss sich sogleich überzeugen, dass sie mit Hülfe von losen Steinen an der Stelle, wo das Wasser auf den Boden fällt, sehr leicht kesselförmige Vertiefungen bilden können, gleichviel, ob diese Stelle in einer Vertiefung, auf der Höhe eines Felsens oder auf einem Abhange liege.

Der dritte Einwurf von Hrn. Böthlingk ist bereits sub 1) besprochen.

4) Hr. Böthlingk bezweifelt, dass die Gletscher der scandinavischen Alpen mächtig genug gewesen seyen, um in einer Entfernung von mehr als 70 Meilen Eismassen auf das 6- bis 700 Fuß hohe Plateau des inneren Finnlands hinaufzustoßen.

Dass aber eine Fluth geeigneter gewesen sey, von Scandinavien her durch den Bothnischen Meerbusen hin, durch die Finnischen Flufsthäler, über die sie trennenden Höhen hinauf und auf dem Plateau des innern Finnlands überall Erosionen von gleicher Richtung hervorzubringen, möchte wohl Manchem wenigstens eben so zweifelhaft erscheinen.

5) Hr. Böthlingk findet die Erosionen des Felsens von Helsingfors unvereinbar mit den Wirkungen eines Gletschers. Da ich diesen Fels nicht kenne, und ich mir aus der Beschreibung keine deutliche Vorstellung von seiner Form machen konnte, so enthalte ich mich jeder Bemerkung darüber.

Die Thatsachen, welche oben angeführt sind, um die Verschiedenheit der Formen von Gletscherschliff und von Wasserschliff der jetzigen Zeit hervorzuheben, und die völlige Uebereinstimmung der Abrundungen und Ausfurchungen des scandinavischen Felsbodens mit den Formen des Gletscherschliffs, so wie ihre Verschiedenheit von denjenigen des Wasserschliffs, scheinen mir demnach zu beweisen, dass Hrn. B ö t h l i n g k s hauptsächlichste

Einwürfe gegen die Gletschertheorie dieser vielmehr im höchsten Grade günstig, und gar nicht geeignet sind, die Fluththeorie zu unterstützen.

XI. Resultate der Beobachtungen in der Umgegend von Edinburg über die Fortpflanzung der äusseren Temperatur-Variationen in den Boden, während der Jahre 1837, 1838, 1839 und 1840; vom Prof. Forbes.

1) Bestimmung der Constanten der Formel $\log \Delta p = A + Bp$ (S. Ann. Bd. XXXXVI S. 509), welche die Amplitude Δp der den Tiefen p zugehörigen Thermometer-Variationen angiebt:

	Beobachtungen von:	Im Trapp von Carlton-Hill.	Im Sand d. Gartens.	Im Sandstein d. Bruchs von Craigleith.
Werth von A	1837	1,164	1,176	1,076
	1838	1,173	1,217	1,114
	1839	1,086	1,182	1,049
	1840	1,073	1,155	1,044
Werth von B	1837	0,0545	0,0440	0,0316
	1838	0,0641	0,0517	0,0345
	1839	0,0516	0,0498	0,0305
	1840	0,0550	0,0470	0,0308

2) Tiefen, in welchen die jährlichen Temperatur-Variationen auf $0^{\circ},01$ C. herabsinken:

	Par. Fuß.	Par. Fuß.	Par. Fuß.
1837	58,1	72,2	97,3
1838	49,3	61,8	91,0
1839	59,2	63,5	100,0
1840	55,9	67,1	98,8

3) Geschwindigkeit, mit der die Wärme sich in das Innere des Bodens fortpflanzt. Ein Par. Fufs durchlaufen in den drei Gebirgsarten, in Tagen:

	Maxima.	Minima.
1837	7,5	7,1
1838	6,8	6,8
1839	7,8	7,2
1840	6,6	5,95

(*Compt. rend. T. XIV p. 410.*)

XII. Ueber den Granit des Riesengebirges;
von G. Rose.

(Aus den Monatsberichten der Academie. Juli 1842.)

Der herrschende Granit des Riesengebirges, den v. Raumer in seinem bekannten Werke über Schlesien Central-Granit nennt, besteht aus einem Gemenge von Feldspath, Oligoklas, Quarz und Glimmer.

Der *Feldspath* ist gewöhnlich fleischroth bis bräunlichroth, an den Kanten durchscheinend und auf den Spaltungsflächen stark glänzend von Perlmutterglanz. Er findet sich in einzelnen, mehr oder weniger ausgebildeten einfachen oder Zwillingskrystallen zwischen den übrigen Gemengtheilen; die Krystalle sind gewöhnlich äußerlich unregelmäßig begränzt, zuweilen aber, wenn das Gemenge der andern Gemengtheile klein und fein ist, sehr regelmäsig und glattflächig, wie z. B. am Scholzenberg bei Warmbrunn und am Cavalierberge bei Hirschberg. Die Grösse der Krystalle ist wohl im Allgemeinen verschieden, am häufigsten beträgt sie etwa einen Zoll, doch finden sich auch Krystalle von 2 bis 3 Zoll Grösse (Schreibershau, Agnetendorf, Seydorf), eben so kommen sie auch kleiner vor.

Der *Oligoklas* ist schneeweiss, gelblich- oder grünlichweiss, und gewöhnlich weniger durchscheinend und glänzend als der Feldspath. Er findet sich meistens in tafelartigen Körnern und ausgebildeten Krystallen, zuweilen aber auch in ziemlich glattflächigen Krystallen, wie in dem Granite vom Scholzenberg. Die Körner und Krystalle sind in der Regel viel kleiner als die des Feldspaths; fast stets sind sie aber regelmäsig Verwachsungen von mehr als zwei Individuen, erscheinen daher immer auf der deutlichsten Spaltungsfläche auf die bekannte

Weise gestreift. Nicht selten ist auch der Oligoklas mit dem Feldspath regelmässig verwachsen, und umgibt dann stets denselben in einer mehr oder weniger dicken Hülle ¹⁾.

Der *Quarz* ist graulichweiss bis rauchgrau, mehr oder weniger durchscheinend, und findet sich in Körnern von verschiedener Grösse, seltener in kleinen, an den Kanten etwas abgerundeten Krystallen.

Der *Glimmer* findet sich in rundlichen Blättchen oder regelmässigen sechsseitigen Tafeln von einer halben bis 2 Linien Grösse, und ist von dunkel grünlichschwarzer, in dünne Blättchen gespalten, von lauchgrüner Farbe. Er liegt am häufigsten einzeln zwischen dem Gemenge der übrigen Gemengtheile, seltener in kleinen zusammengehäuften Parthien; er ist sehr wahrscheinlich einaxig.

An zufälligen Gemengtheilen ist dieser Granit sehr arm; nur zuweilen finden sich kleine schwarze Krystalle von *Hornblende* (Schreibershau, Seydorf), noch seltener kleine braune Krystalle von *Titanit* (Warmbrunn) und kleine fasrige Parthien von *Pistazit* (Warmbrunn).

Dadurch, dass der Feldspath an Grösse fast stets die andern Gemengtheile übertrifft und einzeln zwischen diesen liegt, erhält der Granit des Riesengebirges eine *porphykartige Structur*, worin er mit den Graniten von Elnbogen und Carlsbad, vom Fichtelgebirge und von Mehlis im Thüringer Walde übereinkommt ²⁾). Die Feldspatkristalle liegen auf diese Weise in einem mehr oder weniger körnigen Gemenge der übrigen Gemengtheile,

1) Dass der hier angeführte Gemengtheil Oligoklas sey, hat der Verf. zwar noch durch keine vollständige Analyse bewiesen, doch ergiebt sich dies schon hinreichend aus den von ihm angestellten Versuchen, indem er fand, dass dieser Gemengtheil im Vergleich mit dem Albit, mit welchem man ihn allein verwechseln könnte, eine grössere Schmelzbarkeit und ein grösseres specifisches Gewicht, nämlich 2,682, besitzt und eine bedeutend grössere Menge Kalkerde enthält.

2) Die nun ebenfalls wie der Granit des Riesengebirges Oligoklas enthalten.

welches nun die Grundmasse bildet, und zuweilen selbst noch ausgezeichnet grobkörnig ist, wie in den Graniten von Warmbrunn, Fischbach, Alt-Paulsdorf bei Reichenberg, in welchem Fall aber in der Regel noch der Feldspath den einzelnen Körnern der Grundmasse an Grösse überlegen ist. Seltener ist der Unterschied in der Grösse der einzelnen Gemengtheile weniger auffallend, so dass die Structur sich mehr den gemein-körnigen nähert, wie am Zackelfall, den Schneegruben u. s. w.; aber auch bei diesen ist der Unterschied nur weniger gross, genau genommen, findet er, wenn auch in geringen Maafse, immer statt.

Wo die Grundmasse feinkörniger wird, was jedoch nie so weit geht, dass die Körner dem Auge ganz unkenntlich werden, sind es in diesem Fall gewöhnlich auch nur die drei Gemengtheile, die sich in der Grundmasse finden; doch scheint zuweilen auch schon wirklich Feldspath darin vorzukommen, was aus der röthlichen Farbe, die die feinkörnige Grundmasse öfters hat (Hampelbaude) anzunehmen ist, und eben so finden sich in dieser Grundmasse nicht blos Feldspathkrystalle eingewachsen, sondern es kommen auch einzelne Oligoklas- und Quarzkrystalle, und selbst Glimmertafeln darin vor, von denen aber auch die ersten, doch immer an Grösse den eingewachsenen Feldspathkrystallen nachstehen. Granit-abänderungen mit feinkörniger Grundmasse kommen sehr ausgezeichnet auf der östlichen Seite des Granitgebietes vor (am Scholzenberg, bei Herischdorf, am Cavalierberge, besonders aber an der Hampelbaude und im Mälzergrunde. Je feinkörniger die Grundmasse ist, je glatter ist die Oberfläche der eingewachsenen Krystalle.

Was die *relative Menge der Gemengtheile* anbelangt, so übertrifft darin der Feldspath gewöhnlich bei weitem die übrigen Gemengtheile; Oligoklas und Quarz finden sich in geringerer und beide ungefähr in gleicher, Glimmer gewöhnlich in der geringsten Menge. Ein star-

kes Vorherrschen des Feldspaths findet besonders in den grobkörnigen Abänderungen statt, in denen die grossen Feldspathkristalle oft so gedrängt liegen, dass sie sichtlich mehr Raum einnehmen, als die übrigen Gemengtheile; in den Abänderungen mit feinkörniger Grundmasse findet dies meistens auch noch statt, doch kommen die Feldspathkristalle hier auch schon sparsamer vor, und zuweilen scheinen wirklich die neben den Feldspatkristallen vorkommenden Albitkristalle die ersten an Menge, wenigstens stellenweise, zu übertreffen, wie z. B. an der Lomnitz, bei Stonsdorf. Da in diesen feinkörnigen Abänderungen neben dem Feldspath auch Albit-, Quarz- und Glimmerkristalle in der Grundmasse eingewachsen erscheinen, so tritt oft die letztere sehr zurück, so dass man sie leicht übersehen, und wegen der vielen eingewachsenen Gemengtheile und ihrer meistens stattfindenden bedeutenden Grösse diese Abänderungen mit den grofskörnigen Abänderungen von Warmbrunn und Alt-Paulsdorf verwechseln kann. Die genannten Abänderungen kommen indessen sehr häufig vor, und die Granite von Schreibershau, Agnetendorf, Seydorf und der Iserwiese sind alle von der Art.

Die Gemengtheile dieses Granites schließen fest an einander, ohne Drusen oder Höhlungen zu bilden, was eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit dieses Granites ist. Nur in einem Falle ist dem Verf. eine Ausnahme vorgekommen, nämlich bei dem Granite vom Leopoldsbade bei Warmbrunn, welcher äufserst sparsam ganz kleine Drusen enthält, in welchen Quarz und Pistazit sich finden. Der letztere kommt nur in diesen Drusen vor, und ist daher wie diese sehr selten.

Hier und da, und stellenweise selbst ziemlich häufig, finden sich in diesem Granite, wie auch in andern Granitabänderungen, mehr oder weniger grosse sehr glimmeiche Einschlüsse, die nach einer von dem Verf. schon anderwärts geäußerten Meinung veränderte Bruchstücke

der Gebirgsart sind, die der Granit bei seinem Emporsteigen durchbrochen hat.

Der beschriebene Granit findet sich in einzelnen grossen sphäroidischen Massen, die ohne Klüfte sind, und durch andere sehr zerklüftete und bröckliche, ihrer Zusammensetzung nach sonst ganz ähnliche Massen verbunden werden. Diese verwittern leicht, und die verwitterte Masse wird von den Tagewässern zwischen den festeren Massen ausgewaschen, daher diese an der Oberfläche übereinanderstürzen, und die Gipfel grösserer oder kleinerer Mengen gewöhnlich nur aus lose übereinanderliegenden Blöcken bestehen. Oefters sieht man aber auch, besonders bei freistehenden Felsen, eine parallelepipedische Absonderung.

Aufser dem beschriebenen Granite findet sich noch eine andere Abänderung, die sich von dem vorigen dadurch unterscheidet, dass Feldspath und Oligoklas schneeweiss und der Glimmer wohl in dicken Blättchen schwarz, in dünnen schneeweiss erscheint. Der Verf. lässt es dahin gestellt seyn, ob diese Umstände eine wesentliche Verschiedenheit begründen. Die angegebene Veränderung hält sich indessen bestimmt geschieden von der andern, und findet sich zwar viel seltener, aber sehr ausgezeichnet grobkörnig-porphyrartig, wie unter andern am Prudelberge bei Stonsdorf.

Betrachtet man aber auch diesen zuletzt beschriebenen Granit als keine besondere Abänderung, so findet sich außer ihm am Riesengebirge doch noch ein *andrer Granit*, der sowohl durch mineralogische Beschaffenheit als auch durch Structur- und Lagerungsverhältnisse ausgezeichnet ist. Dieser Granit enthält nämlich, außer Feldspath, Quarz und Glimmer, wahrscheinlich gar keinen Oligoklas, sondern statt dessen Albit; er ist ferner gewöhnlich klein- und fein- und immer gemein körnig, und durchsetzt gangförmig den herrschenden porphyratigen Granit, ist also neuer als dieser. Der Feldspath ist häufig

ganz weiss oder wie der Albit gefärbt, und bei der Feinkörnigkeit des Gemenges daher schwer zu unterscheiden, in anderen Fällen ist aber auch hier der Feldspath fleischroth und der Albit dann gewöhnlich gelblichweiss; der Quarz gewöhnlich graulichweiss, der Glimmer schwarz und in dünnen Blättchen gegen das Licht gehalten, olivegrün. Glimmer ist bei diesem Granit immer nur in geringer Menge enthalten und fehlt oft ganz, Albit scheint auch nicht selten zu fehlen, in welchem Fall dann Feldspath und Quarz die einzigen Gemengtheile bilden; dies scheint besonders da der Fall zu seyn, wo dieser Granit nur in kleinen Gängen in die beiden ersten Arten hineinsetzt, da aber der Feldspath in diesem Fall stets weiss und das Gemenge fein ist, kann dies oft schwer ausgemacht, und erst durch eine chemische Analyse entschieden werden.

Dieser feinkörnige Granit bildet in einigen Fällen Gänge von nur geringer Mächtigkeit, in andern Fällen von bedeutender, wohl 2- bis 300 Fuß Mächtigkeit. Manche Kuppen und Rücken ziemlich hoher und langer Berge, wie die Kuppen des Scholzenberges bei Warmbrunn, des Hopfenberges zwischen Warmbrunn und Stonsdorf, des Popelberges bei Maiwaldau, so wie die langgezogenen Rücken des Stangenberges bei Stonsdorf und des Ameisenberges bei Erdmannsdorf bestehen daraus; ja er findet sich auch in großer Masse auf dem Kamm des Gebirges, doch hier meist in einzelnen Blöcken, und ist in diesem Fall oft schwer von dem porphyrtartigen Oligoklasgranit zu unterscheiden, wo derselbe kleiner körnig geworden ist und die Gemengtheile mehr von gleicher Grösse vorkommen, wie dies namentlich am Kamm öfter stattfindet. Eine Uebereinstimmung im Streichen hat der Verf. bei diesen Gängen nicht wahrgenommen, wiewohl hierbei die St 1-1½ sehr häufig vorkommt, in welcher Richtung auch die Rücken des Stangenberges und Ameisenberges fortlaufen. Die Gänge stehen, wo sie mächtig sind, meistens ganz seiger, und wie die Gänge

streichen und fallen auf die Klüfte, die in mehr oder weniger Abständen das Gestein durchsetzen; doch kommen auch Gänge vor, die in ganz anderen Richtungen streichen.

Dieser feinkörnige Granit zeichnet sich vor dem porphyartigen auch dadurch aus, dass er nach der Mitte der Gänge zu häufig drusig und oft überaus grobkörnig wird. Er enthält in diesem Fall alle Gemengtheile, besonders Feldspath und Quarz in grossen Parthien ausgeschieden, und da diese Ausscheidungen für die Benutzung in den Porcellan- und Glasfabriken eifrig aufgesucht werden, so sind auch Gänge mit solchen Ausscheidungen in vielen, mehr oder weniger grossen Steinbrüchen aufgeschlossen. Die grobkörnigen Ausscheidungen halten mehr oder weniger lange an, sie hören oft bald auf und finden sich in manchen mächtigen Gängen auf grosse Erstreckungen gar nicht; in andern halten sie aber auch mehr an, wie z. B. in dem grossen Gange bei Lomnitz, der schon seit sehr langer Zeit in Betrieb steht, und immer noch bearbeitet wird. Zu den Gängen, in welchen bei dem jetzigen Zustande des Abbaus alle diese Verhältnisse am deutlichsten zu sehen sind, gehören die Gänge an dem Falkenberge bei Fischbach, und auf dem Landshuter Kamm. Man sieht hier deutlich das Streichen, Fallen und die Mächtigkeit der Gänge, und den Uebergang aus dem Feinkörnigen in's Grobkörnige von den Saalbändern nach der Mitte zu; aber man kann diese Verhältnisse auch sehr gut bei kleineren Gängen sehen, in welchen keine Brüche angelegt sind, wie besonders bei dem sogenannten hohlen Steine in der Nähe des Zackelfalles.

In den Drusen dieses grobkörnigen Granits finden sich die verschiedenen Gemengtheile des Granits oft überaus schön krystallisiert, besonders der Feldspath und Quarz, aber auch Albit (Schreibershau¹⁾), seltener Glimmer. Nicht selten findet sich auch hier Eisenglanz in sehr fei-

1) Das spec. Gewicht eines solchen Albites fand der Verf. 2,629. Er enthielt nur eine äußerst geringe Menge Kalkerde und Kali.

nen metallischglänzenden Täfelchen, oder auch als Ueberzug, viel seltener Magneteisenstein, aber dann in grösseren Krystallen oder kleinen derben Parthien, zuweilen auch Pistazit in feinen Nadeln. Andere Mineralien, die sonst wohl in den Drusenräumen des Granits vorkommen, wie Turmalin, Beryll, Topas oder Feldspath finden sich hier nicht. Die Feldspath- und Quarzkristalle kommen aber hier sehr regelmässig und oft bedeutend gross vor. Man findet fußgrosse Feldspath- und 3 bis 4 Fuß grosse Quarzkristalle. Die Feldspathkristalle sind den schönsten ihrer Art an die Seite zu stellen; besonders ausgezeichnet sind die vom Krötenloche bei Schwarzbach; sie sind in der Regel mit Albit bedeckt, der mit ihnen regelmässig verwachsen ist, wie dies auch an andern Orten vorkommt; aber der Albit auf dem Feldspath ist wohl kaum anderswo so gross, durchsichtig, und die Verwachsung so regelmässig zu finden, wie hier. Regelmässige Verwachsungen von Feldspath und Quarz, sogenannter Schriftgranit kommt auch häufig vor.

Dieser Granit zeigt noch die bemerkenswerthe Eigenschaft, dass er nämlich öfter eine kuglige Structur annimmt. Man findet dergleichen *Kugelgranit* zu Schwarzbach und am Kynast; auch soll er in der Gegend von Schmiedberg vorkommen. Besonders ausgezeichnet ist der Kugelgranit von Schwarzbach. Die Kugeln haben einige Zoll bis einen halben Fuß im Durchmesser, und enthalten stets im Innern als Kern einen einzelnen Feldspatzwilling oder eine Gruppe von Zwillingskristallen; dieser Kern ist zuerst von einer dünnen Hülle von Albit und Glimmer, und dann von einer 1 bis 2 Zoll dicken Hülle von grobkörnigem, stark verwachsenem Feldspath umgeben, der mit kleinen graulichweissen Quarzkörnern und gegen den Rand zu auch mit Glimmerschüppchen durchwachsen ist. Der Feldspath des Kerns ist fleischroth, der der Hülle licht gelblichgrau. Die Kugeln liegen dicht neben einander, sich gegenseitig in der

Ausbildung störend, und bilden einen etwa 20 Fuß mächtigen Gang nicht weit von dem sogenannten Krötenloche¹).

Der gewöhnlich feinkörnig vorkommende Albit-Granit durchsetzt nicht nur den porphyrtigen Oligoklas-Granit, sondern er setzt auch noch in den diesen Granit umgebenden Glimmerschiefer und Hornblendeschiefen hinein, wie man dies sehr schön am schwarzen Berge (dem östlichen Ausläufer des Iserkamms), bei Schreibershau, am Krkonosch, auf der Südseite des Riesengebirges, und bei Kupferberg sehen kann.

Ausser diesem Albit-Granit durchsetzen noch andere Gesteine den porphyrtigen Oligoklas-Granit, nämlich zweierlei Arten Porphyrr und Basalt. Die eine Art Porphyrr findet sich viel häufiger; sie enthält in einer dichten, bald grünlichgrauen, bald röthlichbraunen Grundmasse Oligoklas, Glimmer, Quarz und Feldspath, und kommt in großen, untereinander parallelen Gängen vor, die von NNO. nach SSW. streichen, sich meilenweit verfolgen lassen, und auf die großen Abstürze in dem Kamme, die Teiche und die Schneegruben zustreichen. Der andere Porphyrr hat eine kleinkörnige, aus lichtfleischrotem Albit und chloritartigem Glimmer bestehende Grundmasse, worin große ziegelrote Feldspatkristalle eingewachsen sind; er findet sich unter andern ausgezeichnet bei dem Dorfe Unter Polaun in Böhmen. Basalt ist bis jetzt an vier Orten bekannt, in der kleinen Schneegrube, am keulichten Buchberge, bei Maiwaldau und bei Berbisdorf.

1) Der Verf. verdankt die Kenntnis dieses interessanten Kugelgranits dem Hrn. Manger in Warmbrunn.

XIII. *Bemerkungen über das zeitweise Steigen und Fallen der Ostsee und des Mittelmeers;*
von G. G. Hällström.

(Aus den *Actis societatis scientiarum fennicae* (T. I p. 400); einer d. J. 1839 zu Helsingfors gestifteten Gesellschaft, welche mir bereits vor längerer Zeit die beiden ersten Hefte ihrer Schriften zu übersenden die Güte hatte. P.)

Es ist unter den am Strande der Ostsee und deren Buchten Wohnenden eine allgemeine und alte Erfahrung, dass zwischen dem hin und wieder eintretenden, von der Ebbe und Fluth des Weltmeers unabhängigen, Steigen und Fallen dieser Binnensee und den gleichzeitigen Witterungsveränderungen ein Zusammenhang besteht. Schon vor 93 Jahren hat der verstorbene Lector Gissler in *Hernösand* in einem der K. schwed. Academie der Wissenschaften überreichten Aufsatz (gedruckt in deren *Handlingar* vom Jahr 1747 (T. VIII p. 142)) nachgewiesen, dass die Ostsee sinkt, wenn das Barometer steigt, und so umgekehrt. Er hatte am Strande des genannten Orts eine in geometrische Zolle und Linien getheilte Holzlatte senkrecht in's Wasser gesteckt, und die daran abgelesenen Wasserhöhen mit den Barometerständen verglichen; da zeigte sich ihm dann ganz deutlich die erwähnte Erscheinung.

Neun und funfzig Jahre darauf oder i. J. 1806 über gab der verstorbene Staatsrath und Ritter af Schultén derselben Academie einen Versuch zur Erklärung des Steigens und Fallens der Ostsee (gedruckt in den *Handlingar* desselben Jahres, p. 77) ¹), gegründet auf einen Vergleich der Veränderungen der Barometerhöhe und der Meeresfläche, welche Veränderungen er herleitet »von

1) S. Gilbert's Annal. Bd. XXXVI S. 314.

der veränderlichen Schwere der Masse unserer Atmosphäre oder Luft, welche durch ihren ungleichen Druck die eine und die andere hebe und senke.“ Als Hauptgrund für diese Theorie nimmt er an, dass gleichzeitig der Luftdruck an den verschiedenen Küsten der Ostsee ungleich sey, z. B. in Tornéa gering, wenn er in Pommern stark, wodurch denn an letzterer Küste das Wasser stärker gedrückt werde, mithin sich senken und nach Tornéa fließen müsse, und so umgekehrt. Durch Berechnung und Vergleichung der äussersten Gränzen der Barometerveränderungen und der davon abhängigen Wasserhöhen findet er, dass der grösste Unterschied zwischen hohem und niedrigem Wasser solchergestalt auf 3,5 Fuss steigen könne. Dagegen hält er für schwach und wenig glaublich die Erklärung: »dass die Winde durch ihren Stoss das Wasser vor sich hertreiben, und es an den ihnen zuwärtsliegenden Küsten um mehre Fuss über dessen Niveau an der Leeseite heben können.“

Bis heut scheint man durch diese Theorie vollkommen zufriedengestellt zu seyn. Es sind keine Einwürfe gegen sie erhoben, und wahrscheinlich würde sie sobald noch nicht erörtert worden seyn, wenn nicht im verflossenen Jahre neue, den Gissler'schen ganz analoge Beobachtungen an der Küste des Mittelmeers angestellt worden wären. In Algier nämlich hat der Prof. Aimé, wie ehemals Gissler bei uns, gleichzeitig die Barometerstände und die Höhen des Meeres beobachtet, und dadurch ist er denn, nachdem er sich von der Unmerklichkeit der oceanischen Fluth und Ebbe im Mittelmeer überzeugt, zu dem, von Gissler und af Schultén längst gemachten Schluss gekommen, dass das Meer steigt, wenn das Barometer fällt, und so umgekehrt. Aimé's Beobachtungen finden sich im Auszug in den *Ann. de phys. et de chimie* (1840), T. LXXIII p. 416. Da weder Gissler noch af Schultén ihre Beobachtungen im Detail gegeben haben, und die von Aimé, so viel ich weiss,

die einzigen in Zahlen mitgetheilten Bestimmungen sind, so habe ich geglaubt, dass sie, schon wegen der Gleichheit mit dem Verhalten bei uns, besondere Aufmerksamkeit verdienten. Daher habe ich sie vom Januar und Februar 1839 graphisch construirt, und, mit Ausnahme weniger Anomalien, gefunden, dass zwischen dem Barometerstand und der Wasserhöhe ein ganz deutlicher und unbestreitbarer Zusammenhang vorhanden ist ¹).

Je mehr ich die mit diesem Phänomen verknüpften Umstände erwäge, desto zweifelhafter stellt sich mir aber die angeführte Theorie dar. So fragt es sich zunächst, ob sie denn die Erscheinung in ihrer ganzen Ausdehnung genügend erkläre. Nach dem Angeführten kann der Luftdruck die Wasserhöhe nicht über 3,5 Fuß ändern, oder nicht mehr als 1,75 Fuß über oder unter die Mittelhöhe bringen; allein diese Gränzen dürften, nach den in Helsingfors gemachten Erfahrungen zu urtheilen, sehr oft in bedeutendem Maafse überschritten werden. Von noch wesentlicherem Einfluss ist der Umstand, dass ihr Hauptstützpunkt, nämlich die ohne Beweis angenommene gleichzeitige Verschiedenheit des Barometerstands oder Luftdrucks an den verschiedenen Theilen des Meeres in Wirklichkeit nicht so stattfindet, als vorausgesetzt ward. Vielmehr tritt gewöhnlich, wie ich unlängst in dieser Gesellschaft darzuthun gesucht habe ²), mit einer hier nicht leicht merkbaren Modification, das Gegentheil davon ein; fast gleichzeitig ist der Barometerstand einmal hoch und ein ander Mal niedrig auf der ganzen Ostsee und all deren Buchten, hoch an der Preussischen Küste, wenn er in Torneå hoch ist, und hoch am finnischen und lifländischen Strande, wenigstens sechs Stunden nachdem er es an dem schwedischen geworden ist. Daraus ergiebt sich unwiderleglich der Schluss, dass wenn

1) Im Original ist diese Construction mitgetheilt.

p.

2) Deren *Acta*, T. I S. 1.

die Hebungen der Wasserfläche gleichzeitig eintreten mit den Verminderungen des Luftdrucks, diese letzteren nicht füglich die Ursache der ersteren seyn können.

Allein, worin soll man sie dann suchen? Unzweifelhaft in einem Verhalten, das mit beiden Zusammenhang hat. Nach den Forschungen der letzteren Zeit möchte man deshalb wieder zu der alten Vermuthung zurückkommen, dass die Windrichtung ein hiebei nicht unwesentlicher Umstand sey, obwohl auch dawider streitende Erscheinungen vorkommen. Man weiss, dass der Luftdruck im Allgemeinen bei nördlichen Winden grösser ist als bei südlichen, und dass die ersten Winde das Wasser nach Süden hin treiben; daher sieht man denn an dem nördlichen Seestrande zugleich das Barometer hoch und das Wasser niedrig. Das muss z. B. der Fall seyn in Torneå und wahrscheinlich in dem ganzen bottnischen Meerbusen. Aber an den preussischen Küsten müfste gerade das Gegentheil stattfinden, das Wasser, bei hohem Barometerstande, vom nördlichen Winde zusammengehäuft, sich höher erweisen. Ist dem wirklich so? Gegen die angenommene Theorie und die darauf gegründete Vermuthung findet man es wirklich also.

Der Navigationslehrer Bannasch hat in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXVI (112) S. 209, die Resultate von Beobachtungen mitgetheilt, die er zur Bestimmung des Steigens und Fallens der Ostsee in den Jahren 1815 bis 1834 auf dem Leuchtturm bei Pillau anstellte, und diese zeigen, dass daselbst das Wasser bei nördlichen Winden höher steht als bei südlichen. Am niedrigsten war es bei OSO. und SO., also bei Landwinden, dagegen am höchsten bei NW. Der Unterschied zwischen diesen Aenfersten war aber, im Mittel aus allen Jahren, nicht grösser als $8\frac{1}{4}$ preufs. Zoll. Wie viel indefs diese Mittelzahl von den einzelnen Extremen überschritten wird, ist nicht angegeben.

Auch bei den in Algier angestellten Beobachtungen

kommen, wenn man sie genauer betrachtet, solche partiellen Abweichungen vor, daß sie einer besonderen Durchsicht verdienen. Hier mögen nur die Beobachtungen vom Januar und Februar 1839 betrachtet seyn. Der Barometer- und Wasserstand ist täglich ein Mal aufgezeichnet, wodurch man denn die Veränderungen von einem Tage zum nächstfolgenden erhält. Theilt man dann die Beobachtungen in zwei Reihen, eine bei steigendem, die andere bei sinkendem Barometerstand, und reducirt man, zur leichteren Anschaulichkeit des Vergleichs, den Luftdruck von Quecksilber- auf Wasserhöhen, so entsteht folgende Uebersicht:

Steigen des Barometers, gemessen in Quecksilberhöh.	VWasserhöhen. Millimeter.	Entsprechendes Sinken der Meeresfläche. Millimeter.	Verhältniß der Zunahme d. Luftdrucks zum Sinken des VWassers.
1,4	18,90	100	1 : 5,89
0,9	2,15	50	1 : 23,26
0,1	1,35	— 10	
0,3	4,05	40	1 : 9,88
3,2	43,20	80	1 : 1,85
1,6	21,60	20	1 : 0,92
1,0	13,50	— 40	
1,9	25,65	20	1 : 0,78
3,3	44,55	90	1 : 2,02
0,1	1,35	0	
6,4	86,40	130	1 : 1,50
0,6	8,10	50	1 : 6,17
1,3	17,55	— 30	
5,5	74,22	0	
2,6	35,10	130	1 : 3,70
5,6	75,60	80	1 : 1,06
3,9	52,65	20	1 : 0,38
Summe	525,92	730	1 : 1,39

Sinken der Barometerstände, gemessen in Quecksilberhöh.	Wasserhöhen. Millimeter.	Entsprechendes Steigen der Meeresflächen. Millimeter.	Verhältniß der Abnahme des Luft- drucks zum Steigen des Wassers.
0,5	6,75	180	1 : 2,70 (?)
3,8	51,30	80	1 : 1,56
1,2	16,20	— 20	
2,1	28,35	50	1 : 1,76
4,7	63,45	30	1 : 0,47
2,2	29,70	80	1 : 2,70
3,4	45,90	50	1 : 1,09
5,2	70,20	10	1 : 0,14
7,5	101,25	150	1 : 1,47
1,0	13,50	— 10	
7,7	103,95	180	1 : 1,73
7,7	103,95	50	1 : 0,48
2,7	36,45	20	1 : 0,55
Summe	670,95	850	1 : 1,27

Hier zeigen sich viele Anomalien. Theils kommen unter 30 Fällen 5 vor, wo das Wasser stieg mit steigendem Barometer, und theils sind die Veränderungen der Wasserhöhe lange nicht proportional den Barometerveränderungen. Ueberhaupt sind die ersteren 33 Prozent grösser als sie im Verhältnis zu letzteren seyn sollten, was, neben den angedeuteten Anomalien, zu erkennen zu geben scheint, dass, außer den Veränderungen des Luftdrucks, noch andere Ursachen zum Auftreten des Phänomens mitwirken. Wahrscheinlich ist auch in der Ostsee das Verhalten ein solches.

Aus allem diesen scheint sich der Schluss zu ergeben, dass man noch weit davon ist, das in Rede stehende Phänomen vollständig zu kennen, und man folglich nicht erwarten darf, schon eine sichere Theorie zu dessen Erklärung aufstellen zu können. Das einzige Quantitative, welches man, nach den zuvor Angeführten, von Pillau und Algier kennt, ist zu diesem Behufe nicht hinreichend. Um in dieser Hinsicht die Ostsee zu er-

forschen, müfsten an mehren Küstenpunkten derselben gleichzeitige Beobachtungen gemacht werden, nämlich über 1) die Wasserhöhe, 2) den Barometerstand, 3) Richtung und Stärke des Windes, und 4) die übrige Beschaffenheit des Wetters. Diese Elemente müfsten täglich, z. B. Mittags 12 Uhr, aufgezeichnet werden, zu einem Anfang auf die Dauer eines Jahres, während der Zeit, wo die Küsten frei von Eis sind, besonders im Herbst und Frühling, da die größten Veränderungen einzutreten pflegen. Könnten die Barometerbeobachtungen nicht an allen Orten gemacht werden, so dürfte dies doch nicht abhalten, die übrigen Umstände aufzuzeichnen, weil die Veränderungen des Luftdrucks auf solche Abstände, wie hier in Frage kommen, als gleichzeitig anzusehen sind. Die Angabe über die Windstärke brauchte nicht genauer zu seyn als sie gewöhnlich durch die Worte: stark mittelmäßig, schwach, angedeutet wird. Der einzige Apparat, der zu diesen Beobachtungen wesentlich erforderlich wird, ist ein Maafsstock, der senkrecht in's Wasser gesteckt wird, am besten befestigt an einem Hause oder einer Hütte, die den Wellenschlag abbält und dadurch die Beobachtung erleichtert.

Die Orte im Finnland, wo sich diese Beobachtungen am leichtesten anstellen ließen, und die zugleich am geeignetsten für diesen Zweck wären, scheinen mir zu seyn: Tornéå oder Uleåborg, Larsmo Prestgård unweit Jacobstad, Christinestad, Åland, Hangö, Helsingfors und Wiborg. Da aber alle diese Orte an der einen Seite der Ostsee liegen, und nothwendig auch Beobachtungen von der gegenüberliegenden Seite zu Rathe gezogen werden müssen, so wären solche ferner zu wünschen von Hogland, Reval oder Baltischport, Windau, Pillau, Karlskrona, Gotland und Hernösand. Da die in der Ostsee befindlichen Leuchthürme ihre beständigen Aufseher haben, und deren Dienstgeschäfte durch den Auftrag zur Anstellung der in Rede stehenden Beobachtungen nur

unbedeutend vermehrt werden würden, so ließe sich der Zweck am sichersten erreichen, wenn die Behörden dieser Anstalten, in deren Interesse diese Sache zu liegen scheint, veranlassen wollten, daß solche Beobachtungen ausgeführt würden.

XIV. *Mond- und Sonnenringe, beobachtet zu Lemberg; von E. Heiden.*

(Aus einem Schreiben an den Herausgeber.)

Lemberg, 30. Sept. 1841.

— Im 4. Heft des XXXIX Bandes Ihrer Annalen der Physik und Chemie las ich unlängst die Beobachtung von Nebenmonden am 9. März 1840 Abends $10\frac{1}{2}$ Uhr von Hrn. Advocaten Boysen zu Gravenstein in Schleswig, und wurde hiedurch zu gegenwärtiger Mittheilung veranlaßt, indem ich wohl einsehe, daß eine solche Beobachtung für sich allein wenig Werth hat, allein daß aus vielen solchen Beobachtungen endlich doch ein richtiger Schluss gefolgert werden kann.

Es war am 18. December 1839 zwischen 10 und 11 Uhr Abends als ich folgende Erscheinung in Lemberg beobachtete, und da ich eben ein Instrument zur Beobachtung der Sternschnuppen bei der Hand hatte, auch die Dimensionen mit hinreichender Genauigkeit messen konnte. Der Mond durfte zur Zeit der Beobachtung Azimut 38° bis 40° und Höhe 60° bis 64° haben, welches genau zu messen ich verhindert war, und der Geringfügigkeit wegen, und bei dem Umstände, daß es noch immer für den Fall der Nothwendigkeit geschehen kann, auch nicht berechnete. Die Erscheinung bestand (Taf. II Fig. 11) aus einem Kreis, dessen Halbmesser $24^\circ 30'$

hatte, ferner einem zweiten Kreis, dessen Peripherie durch den Mond ging, und einen Halbmesser von 26° hatte.

Der Mittelpunkt dieses zweiten Kreises stand vom Monde in nordwestlicher Richtung, und diesem gegenüber berührten sich zwei Kreissegmente, davon eines concentrisch mit dem ersten, das andere concentrisch mit dem zweiten Kreis war, und deren Halbmesser 49° und 75° waren. Die Lichterscheinung war ziemlich hell, und es konnten ziemlich deutlich die Regenbogenfarben unterschieden werden.

Gleich den folgenden Tag nach dieser Erscheinung zeigte sich bei dem Aufgang der Sonne über derselben ein Halbkreis von $14^{\circ} 12'$ Halbmesser, dessen beide Enden von hell leuchtenden Scheiben begrenzt waren, welche schwer von der in der Mitte stehenden Sonne unterschieden werden konnten (Taf. II Fig. 12); diese beiden Nebensonnen zogen sich in die Länge und nahmen in der Lichtstärke ab um so mehr, jemehr sich die Sonne über den Horizont erhob, so dass nach etwa einer Stunde um die Sonne ein voller Kreis war, welcher auf beiden Seiten von leuchtenden Säulen getragen zu werden schien (Taf. II Fig. 13). Das Licht dieser Erscheinung war sehr intensiv, jedoch ohne Farbenspiel.

Unter diese Erscheinungen dürfte auch noch ein voller Kreis, welcher sich den 19. Mai zwischen 12 und 1 Uhr um die Sonne sehen ließ, und welcher ohne Farbenspiel und mit einem Halbmesser von 16° war, gerechnet werden.

XV. Ueber ein Verfahren, die Entfernung eines Punkts, sey er zugänglich oder nicht, fest oder beweglich, mittelst eines einzigen Instruments und von einem einzigen Standpunkte aus zu messen;
von Hrn. Wartmann zu Lausanne.

(*Bulletin de la Société Vaudoise*, No. 2 p. 22. — Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Die geodätischen und astronomischen Operationen erfordern sehr häufig die Kenntniss der Entfernung zweier gegebenen Punkte. Sind diese Punkte beide fest, so führen die gewöhnlichen trigonometrischen Verfahrungsarten sehr leicht zum Ziel. Man bestimmt eine Grundlinie, und misst an deren beiden Enden die Winkel zwischen ihr und dem Gegenstand. Dann ist das Dreieck bald aufgelöst.

So weit ist man aber lange nicht, wenn einer der Punkte sich bewegt, ein sehr wichtiger Fall, der bei mehreren strategischen und kosmologischen Untersuchungen vor kommt. Man müßte im Voraus eine mehr oder weniger lange Grundlinie messen, an deren beiden Endpunkten Beobachter aufstellen, und diese in demselben Augenblick die Fernröhre ihrer Theodoliten auf denselben Punkt des Gegenstandes richten lassen. Wäre der Gegenstand in demselben Moment gleich sichtbar an beiden Stationen, wären die Uhren wohl verglichen, die Beobachter gleich geschickt, und behielte der Gegenstand genau seine Gestalt oder änderte sie unwahrnehmbar, so würde begreiflich diese Methode anwendbar seyn, desto besser, je öfter und schneller auf einander man die Ablesungen wiederholte, um die wahrscheinlichen Fehler durch einen Mittelwerth zu schwächen. Fänden dage-

gen diese Umstände nicht statt, ständen die beiden Beobachter nicht gleichzeitig zu Gebote, veränderte der Gegenstand sein Ansehen, oder hörte er auf zugleich sichtbar zu seyn, so würde die Ausführung der Methode unmöglich.

Dies sind Einwürfe, die man dem neuerdings von Hrn. Pouillet vorgeschlagenen Verfahren zur Messung der Höhe der Wolken¹⁾, machen kann. Da dies Problem schon die Aufmerksamkeit mehrer berühmten Gelehrten, wie Jacob Bernouilli²⁾, Brice³⁾, Lambert⁴⁾ und neuerlich Hr. Arago⁵⁾ beschäftigt hat, so will ich die von mir zu diesem Behufe vorgeschlagene Methode kennen lehren.

Man wähle in einer stillstehenden oder sich sehr langsam bewegenden Wolke einen Punkt *N* (Taf. III Fig. 9), der an seiner Farbe oder eigenthümlichen Gestalt leicht erkennbar ist. Man begebe sich an einen erhabenen Punkt *P*, auf die Spitze eines Hügels oder Thurms, oder an's Fenster des oberen Stockwerks eines Hauses. Vor sich habe man eine reflectirende Fläche *MM'*, z. B. eine ruhige Wasser- oder Quecksilberfläche, oder einen großen Horizontalspiegel. Der Einfallswinkel eines Lichtstrahls, der den Spiegel trifft, ist dem Reflexionswinkel gleich; man braucht also nur den Winkel $d = IPN$, gebildet am Auge *P* von dem directen Strahl *NP*, und dem dahin reflectirten Strahl *IP*, zu messen und die Länge *PI* zu bestimmen, um das Problem zu lösen.

Sey nun *e* der bekannte Winkel *IPS*, gebildet von dem reflectirten Strahl *PI* mit der durch den Mittelpunkt

1) *Compt. rend.* 9. Nov. 1840. (*Annal.* Bd. LII S. 41.)

2) *Acta eruditorum*, 1688.

3) *Phil. Transact.* 1766.

4) *Mém. de l'acad. de Berlin* 1773.

5) *Compt. rend.* 24. Août. 1840. (*Annal.* Bd. LI S. 175.)

des abgelesenen Kreises gehenden Senkrechten PS , so hat man offenbar Winkel $PIN = l - 2e$. Somit die beiden Winkel d und l kennend, bleibt nur noch PI zu messen. Da es schwierig wäre den Punkt I der reflectirenden Fläche MM' genau auszumitteln, so drehe man das Fernrohr des Theodoliten um die Verticale PS , den Winkel e constant haltend, und suche die Länge PL oder PE der Linie, die den Punkt P von dem an den Rändern liegenden Gegenstand L oder E trennt (Taf. III Fig. 10).

Da der Werth von PI bekannt ist¹⁾, so ergibt sich die senkrechte Höhe des Beobachters über der reflectirenden Fläche mittelst der Formel:

$$PS = PI \cdot \sin(90^\circ - e).$$

Eben so hat man:

$$IN = PI \cdot \frac{\sin d}{\sin(180^\circ - l - d)},$$

folglich ist die senkrechte Höhe der Wolke über dem Spiegel, gegeben durch:

$$NQ = NI \cdot \sin(90^\circ - e)$$

und daraus ergibt sich endlich für die Höhe der Wolke über dem Beobachter:

$$NQ - PS = (NI - PI) \sin(90^\circ - e).$$

Es ist hinreichend für den Versuch, einen getheilten Kreis, versehen mit einem Rohr ohne Gläser, senkrecht aufzustellen. Eine geschwärzte Metallplatte mit einem kleinen Loch in der Mitte dient als Ocular. Das im Innern gleichfalls geschwärzte Rohr muß ein Fadenkreuz enthalten und solche Länge haben, daß nur die nützlichen Strahlen eintreten, nicht die reflectirten von den Gegenständen, die um den beobachteten liegen. Ein Teich, ein See, ein Kübel mit Wasser, eine Wanne voll Quecksilber u. s. w. kann die spiegelnde Fläche seyn.

1) Ist z. B. der Beobachter oben auf einer senkrechten Wand, einem Hause oder Thurme, so misst er leicht PI , da, weil PS bekannt ist,
 $PS = PI \cos e$.

Ausser der experimentellen Einfachheit scheint mir das beschriebene Verfahren vor den erwähnten einige Vorzüge zu haben. Je länger die zu messende Base *IP* ist, desto grösser wird die Annäherung seyn. Bewegt sich der Punkt *N* nur langsam, so kann man die *Borda'sche* Methode zur Wiederholung der Winkel anwenden, und somit einen immer genaueren Werth erhalten; man kann überdiess von Zeit zu Zeit beobachten und die Geschwindigkeit der Fortrückung des Gegenstandes bestimmen, die zu kennen oft nützlich ist. Bemerken wir endlich, dass es für einen einzigen Beobachter nicht mehr möglich ist, den Sehpunkt mit benachbarten Punkten zu verwechseln, was häufig geschieht bei einer vorüberfliegenden Wolke, die sich in kürzerer Zeit entstaltet, als, nach Hrn. Pouillet's Methode, zwei Beobachter gebrauchen, um, nachdem sie sich verständigt, wieder ihre Standpunkte einzunehmen.

Verhinderte der Wind oder irgend ein anderer Umstand die Anwendung einer Flüssigkeit als Spiegel, so kann man statt deren ein belegtes Glas von möglichst grossen Dimensionen nehmen, und es mittelst Libelle und Stellschrauben horizontal legen.

XVI. Ueber die im lebenden Organismus vor sich gehende Umwandlung der Benzoësäure in Hippursäure; von F. Wöhler.

(Aus dem Götting. gelehrt. Anzeigen, 1842, No. 102.)

Schon vor längerer Zeit hatte der Verf. die Vermuthung ausgesprochen¹⁾), dass die Benzoësäure bei der Verdauung wahrscheinlich in Hippursäure umgewandelt werde. Diese Vermuthung gründete sich auf einen früheren Ver-

1) Berzelius, Lehrbuch der Chemie, 1831. Bd. IV S. 376.

such, den derselbe über den Uebergang der Benzoësäure in den Harn angestellt hatte. Er fand in dem Harne eines Hundes, der mit dem Futter $\frac{1}{2}$ Drachme Benzoësäure gefressen hatte, eine in nadelförmigen Prismen krystallisirende Säure, die im Allgemeinen die Eigenschaften der Benzoësäure hatte und die er auch für solche hielt¹⁾. Indessen waren diese Krystalle offenbar Hippursäure, wie aus dem von ihm angegebenen Umstände, daß sie wie Salpeter ausgesehen und bei der Sublimation Kohle hinterlassen hätten, deutlich hervorgeht. Allein die Hippursäure war damals noch nicht entdeckt, und es ist bekannt, daß sie bis 1829, wo sie zuerst von Liebig unterschieden wurde, allgemein mit der Benzoësäure verwechselt worden ist.

Die neuerlich publicirte Angabe von Ure²⁾, daß er in dem Harne eines Patienten, der Benzoësäure eingenommen hatte, wirklich Hippursäure gefunden habe, brachte dieses durch seine physiologische Bedeutung so wichtige Verhalten wieder in Erinnerung und gab zu den folgenden Versuchen Anlaß, welche von Hrn. Keller, der sich mit ausgezeichnetem Eifer dem Studium der Medicin widmet, auf den Vorschlag des Verfassers an sich selbst angestellt worden sind. Des Verfassers Vermuthung ist dadurch unzweideutig bestätigt worden.

Hr. Keller nahm vor dem Schlafengehen mit Zukkersyrup 2 Grm. (ungefähr 32 Gran) reine Benzoësäure. In der Nacht stellte sich Schweiß ein, was wohl eine Wirkung dieser Säure seyn möchte, da Hr. Keller sonst nur sehr schwer in stärkere Transpiration kommt. Eine andere Wirkung ließ sich nicht wahrnehmen, selbst als an den folgenden Tagen dieselbe Dosis drei Mal täglich genommen wurde, wo auch nicht einmal der Schweiß wieder eintrat.

1) Tiedemann's Zeitschrift für Physiologie, Bd. I S: 142.

2) Proc. med. and surg. Journ. 1841.

Der am Morgen gelassene Harn reagirte ungewöhnlich stark sauer, und zwar selbst noch, nachdem er abgedampft worden war und einen Tag lang gestanden hatte. Er setzte dabei nur das gewöhnliche Sediment von Erdsalzen ab. Als er aber mit Salzsäure vermischt und hingestellt wurde, bildeten sich darin nach einiger Zeit lange, prismatische, braun gefärbte Krystalle in großer Menge, die schon dem Ansehen nach nicht für Benzoësäure zu halten waren. Ein anderer Theil, der durch Abdampfen noch weiter concentrirt worden war, verwandelte sich beim Vermischen mit Salzsäure in ein Magma von Krystallblättchen. Diese so erhaltene krystallinische Substanz wurde ausgepresst, in siedendem Wasser gelöst, mit Thierkohle entfärbt und umkrystallisiert. Sie wurde dadurch in farblosen, Zoll langen Prismen erhalten.

Diese Krystalle waren reine Hippursäure. Beim Erhitzen schmolzen sie leicht, bei etwas stärkerer Hitze kohlte sich die Masse unter Entwicklung eines Geruchs nach Bittermandelöl und unter Sublimation von Benzoësäure. Um jeden Zweifel über ihre Natur zu beseitigen, bestimmte Hr. Keller durch die Elementar-Analyse ihren Kohlenstoffgehalt. 0,30 Grm. gaben 60,4 Proc. Kohlenstoff. Nach der Formel $\text{H} + \text{C}^{18}\text{H}^{16}\text{N}^2\text{O}^5$ enthält die krystallisierte Hippursäure 60,67 Proc. Kohlenstoff; die krystallisierte Benzoësäure dagegen enthält 69,10 Proc. Kohlenstoff.

So lange das Einnehmen der Benzoësäure fortgesetzt wurde, konnte aus dem Harne mit Leichtigkeit und in Menge Hippursäure dargestellt werden, und da die Benzoësäure so ohne allen Nachtheil für die Gesundheit zu seyn scheint, so wäre es leicht, auf diese Weise, besonders mit Hülfe größerer Thiere, große Mengen von Hippursäure zu produciren.

Es war wichtig den Harn, welcher Hippursäure enthielt, auf seine beiden normalen Hauptbestandtheile, den Harnstoff und die Harnsäure, zu untersuchen. Sie waren

ren beide darin enthalten, und, dem Anscheine nach, in keiner anderen Quantität, als im normalen Harne.

Als der durch Abdampfen concentrirte Harn, aus dem durch Salzsäure die Hippursäure geschieden war, mit Salpetersäure vermischt wurde, setzte er eine grosse Menge salpetersauren Harnstoff ab. Schon vorher hatte er ein pulveriges Sediment fallen lassen, dessen Auflösung in Salpetersäure die charakteristische purpurrothe Reaction der Harnsäure gab. Diese Beobachtung widerspricht der Angabe von Ure, und es ist daher wohl zu voreilig, wenn er die Benzoësäure als Mittel gegen die aus Harnsäure bestehenden Gicht- und Harn-Corcretionen empfiehlt; er scheint sich vorzustellen, daß die Harnsäure zur Umwandlung der Benzoësäure in Hippursäure verwendet werde. Da er seine Beobachtung an dem Harne einer Arthritischen machte, so ist anzunehmen, daß dieser Harn auch ohne den inneren Gebrauch der Benzoësäure keine Harnsäure enthalten haben würde. — Uebrigens ist es klar, daß die Hippursäure, da sie sich erst nach Zusatz einer Säure abscheidet, an eine Basis gebunden im Harn enthalten ist.

XVII. Notizen.

2) *Oscillationen des artesischen Brunnens im Militairhospital zu Lille.*, etwa 8,5 geogr. Meilen vom nächsten Punkt der Meeresküste entfernt. Beobachtungen an diesem Brunnen: 1) stündlich angestellt über die bei constanter Wasserhöhe ausliefsende Wassermenge, und 2) viertelstündlich angestellt über die Höhe des Wassers, nach Unterbrechung des Ausflusses durch Aufsetzung eines langen Glasrohrs von 0^m,02 Durchmesser, haben zu folgenden Schlüssen geführt: 1) das Maximum des Erusses beträgt 63,55 Litr. pro Minute, das Minimum 33,00

Litr., das Medium 48,55 Litr. — 2) Das Maximum der Wasserhöhe nach unterbrochenem Ausflusß ist 2^m,385, das Minimum 1^m,956, das Medium 2^m,253. — 3) Die größten Veränderungen in dem Erguß und der Wasserhöhe correspondiren den Syzygien, die schwächsten den Quadraturen, und daraus scheint zu folgen, daß diese Veränderungen von der Ebbe und Fluth bedingt werden. — 4) Das Maximum des Ergusses findet statt etwa 8 Stunden nach dem Eintritt der höchsten Fluth zwischen Dunkirchen und Calais. (*Compt. rend. T. XIV p. 310.*)

2) *Arquerit*, das Mineral, worauf der Bau der reichen Silbergrube Arqueros, Provinz Coquimbo in Chili, begründet ist, stellt, nach Hrn. Domeyko, eine neue Species dar. Es ist nämlich ein natürliches Silberamalgam, bestehend aus 6 At. oder 86,5 Proc. Silber und 1 At. oder 13,5 Proc. Quecksilber, während das von Moschel-Landsberg im Zweibrückischen 36 Silber und 64 Quecksilber enthält. Hr. Berthier schlägt daher für letzteres den Namen Arquerit vor. Derselbe hat auch in den mit den Namen *Pacos* und *Collorados* belegten Silbererzen von Chanaveillo Bromsilber gefunden, zwar in veränderlichen, aber eben so starken Verhältnissen als Chlorsilber. (*Compt. rend. T. XIV p. 567.*)

3) *Villarsit*, nennt Hr. Dufrénoy, dem Mineralogen Villars zu Ehren, ein neues Mineral, welches zu Traverselle in Piemont vorkommt, begleitet von blättrigem Dolomit, von Glimmer, Quarz und dodecaëdrischen Magneteisenstein. Er ist gelbgrün, von körnigem Bruch, in Textur und Farbe gewissen Apatiten von Arendal ähnlich, und krystallisiert in Rhomben-Octaëdern mit abgestumpften Scheiteln, denen ein gerades Rhombenprisma von 119° 59' als Primitivform zukommt. Hr. D. fand den Villarsit zusammengesetzt aus:

Kieselerde	39,60	Sauerstoff	20,57	4
Bittererde	47,37		18,37	
Eisenoxydul	3,59		0,69	4
Manganoxydul	2,42		0,53	
Kalk	0,53		0,14	
Kali	0,46			
Wasser	5,80		5,14	1
	99,77			

entsprechend der mineralogischen Formel $4 \text{MgS} + \text{Aq}$.
(*Compt. rend.*, T. XIV p. 698.)

4) *Xenolith*, ein neues Mineral, so genannt, weil es seinem Fundort fremd ist. Dasselbe fand sich nämlich neben Wörbit, in der Gegend von Peterhoff, in Gesteinen, die vermutlich aus Finnland stammen. Es ist in sehr feinen, zu faserigen Massen vereinigten Prismen krystallisiert. Ein abgesonderter Nadelchen stellte ein dreiseitiges Prisma dar, an dem zwei Flächen den Winkel $45^\circ 38'$ bildeten, und die dritte rechtwinklig gegen eine der andern zu seyn schien. Es hatte auch eine gerade Endfläche. Härte, gleich der des Quarzes. Specifisches Gewicht = 3,58. Farblos, zuweilen mit gräulichen und gelblichen Stellen. Durchscheinend. Bruch uneben, körnig. Glasglanz, auf den deutlicheren Spaltflächen Perlmuttterglanz. Vor dem Löthrohr kein Wasser gebend. In Stücken und in Pulver unschmelzbar. Schwer in Borax und Phosphorsalz löslich, mit letzterem opalescirend, wenn das Glas gesättigt ist. Mit einer geringen Menge Soda unter Aufbrausen zu einem halbdurchsichtigen Glase schmelzend. Mit mehr Soda die Schmelzung schwierig. Mit Kobaltsolution eine smaltblaue Farbe gebend. Nach einer von Hrn. Komonen gemachten Analyse besteht es aus Kieselerde 47,44 und Thonerde (mit sehr wenig Eisenoxyd) 52,54 (Summe 99,98) entsprechend der Formel SiAl . (*Nordenskiöld*, in den *Act. soc. scient. fennicae*, T. I p. 372.)

5) *Muthmaßlicher Meteorsteinfall.* — Die *Compt. rend.* vom 13. Juni d. J. enthalten drei Berichte aus Berrias, Mende, beide im Dep. Lozère, und St. Beauzire im Dep. Haute-Loire, über eine an diesen Orten am 3. Juni d. J. Abends 9 Uhr in der Nähe des Zenith gesehene Feuerkugel von Vollmondsgröfse, die von NO. nach SW. zog, und, ehe sie den Horizont erreichte, zersprang, worauf man dann zwei Minuten später ein donnerähnliches rollendes Getöse hörte. Von Steinen, die gefallen, hat man indefs bis jetzt noch nichts aufgefunden. Hr. J. de Malbos, Berichterstatter vom zuerst genannten Orte, ist derselbe, der am 15. Juni 1821 das zu Juvenas niederfallende Meteor sah, und dessen Auffindung veranlaßte.

B e r i c h t i g u n g e n.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. C. Naumann in diesem Bande:
Seite 2 Zeile 18 von oben: allgemeinere, statt allgemeine.

- 3 Z. 15 von unten: liegen, st. lagen.
- 8 Z. 18 und 20 v. o.: Quadranten, st. Quadraten.
- 9 Z. 10 v. o.: nach den Ordnungszahlen, st. die Ordnungszahlen.
- 9 Z. 21: a st. a.
- 10 Z. 6 v. u., in dritter Columnne: $\frac{2(n-m)}{m} a$, statt $\frac{(2n-m)}{m} a$.
- 13 Z. 16 v. o.: Tetartostrophēn, st. Tetartastrophēn.
- 15 Z. 9 v. o.: Coordinaten, st. Coordinate.
- 15 Z. 12 v. o.: A' , st. A'' .
- 18 Z. 11 v. o.: = C, st. = 1.
- 30 Z. 9 v. o.: entweder, st. etweder.
- 35 Z. 5 v. u.: Deuterospiralen, st. Deuterospirale.

Hinsichtlich eines Paares anderer Berichtigungen verweisen wir nochmals auf S. 176.

Zum Aufsatz des Hrn. Prof. Schönbein, in diesem Bande.

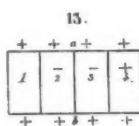
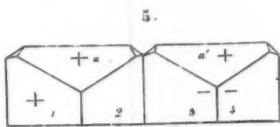
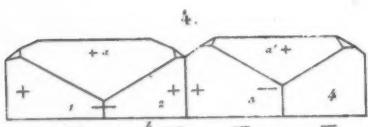
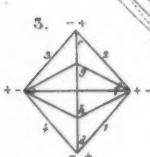
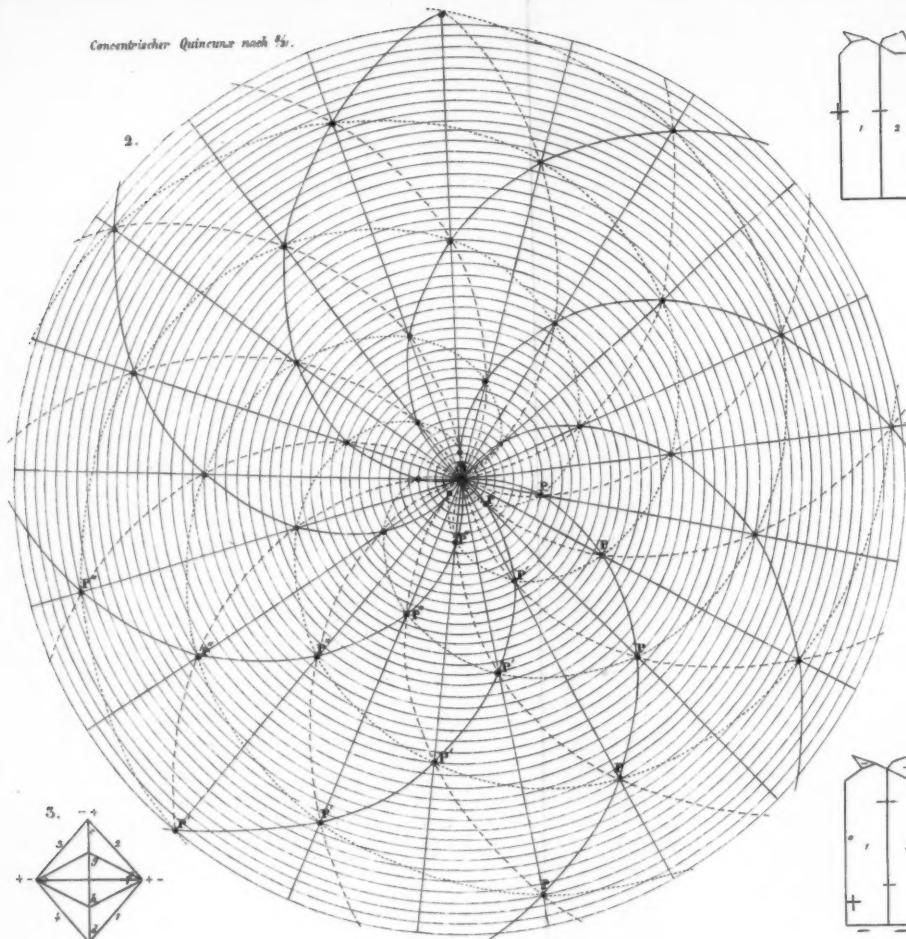
(Dem Schlusse der Abhandlung, S. 251, sind noch folgende Zeilen, die zufällig beim Hrn. Verf. liegen blieben, hinzuzufügen.)

Aus der einfachen Thatsache, daß Platinoxyd bei gewöhnlicher Temperatur nicht die Wirkung auf den Weingeist zeigt, welche die schwammförmige positive Platinelektrode auf diese Flüssigkeit ausübt, scheint mir die Unzulässigkeit der Erklärungsweise de la Rive's hervorzugehen; denn warum sollte Platinoxyd, auf dem gewöhnlichen chemischen Wege dargestellt, anders wirken, als dasjenige, welches sich, nach diesem Chemiker, während der Elektrolyse des Wassers bildet? Oder ist letzteres wieder eine Verbindung *sui generis*?

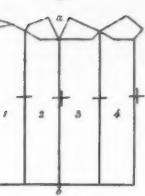
Aus der vorangegangenen Erörterung scheint sich nun als Hauptresultat zu ergeben, daß die Hypothese de la Rive's das Döbereiner'sche Phänomen nicht zu erklären im Stande ist, ohne daß man genötigt wäre, wieder zu neuen Voraussetzungen seine Zuflucht zu nehmen, und mit bekannten Thatsachen in Widerspruch zu treten.



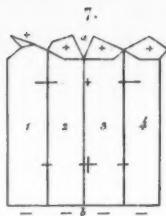
Congenitlicher Quincunx nach $\frac{4}{5}$.



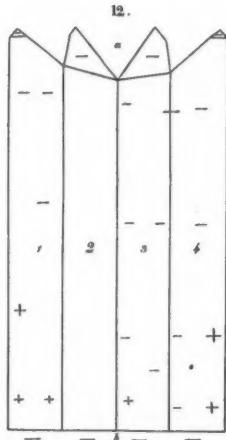
Quin und sc.



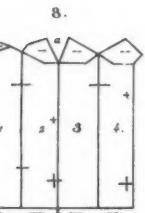
6.



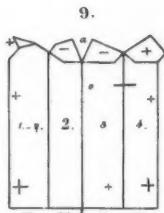
4



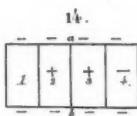
12.



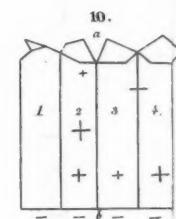
8.



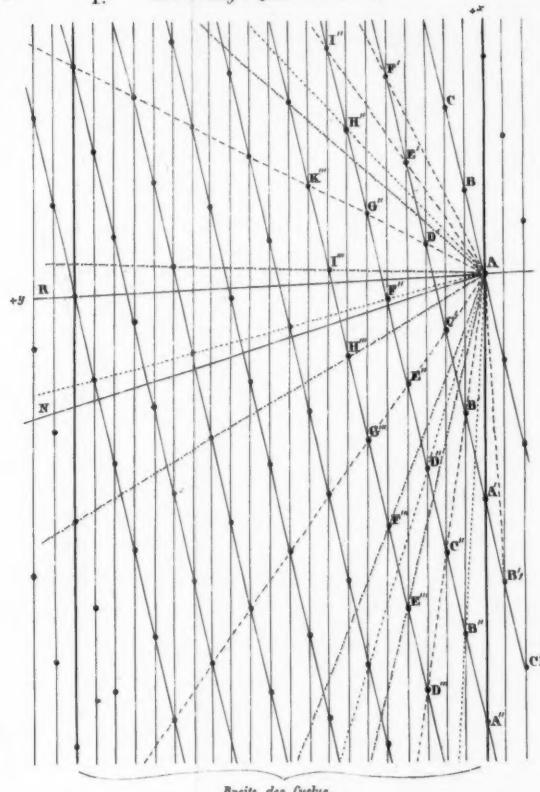
9.



140

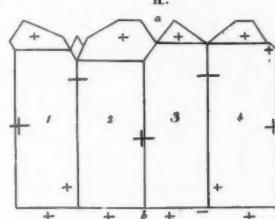


10

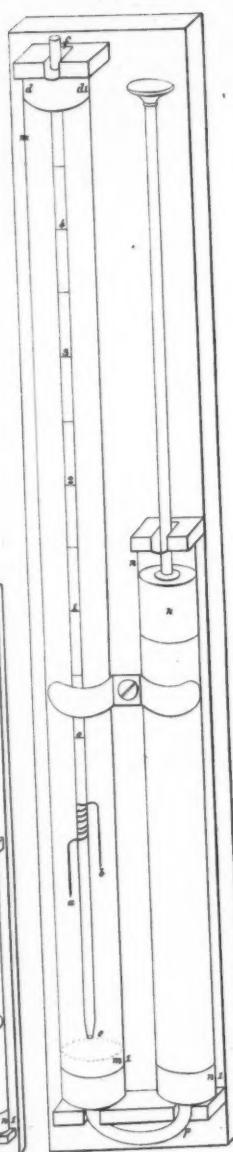
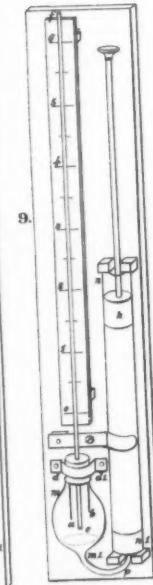
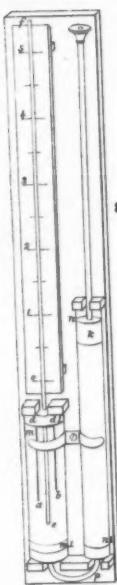
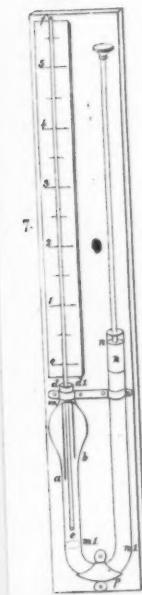
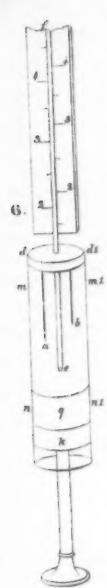


1. Parallelreihiger Quincunx nach §1.

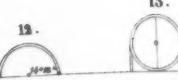
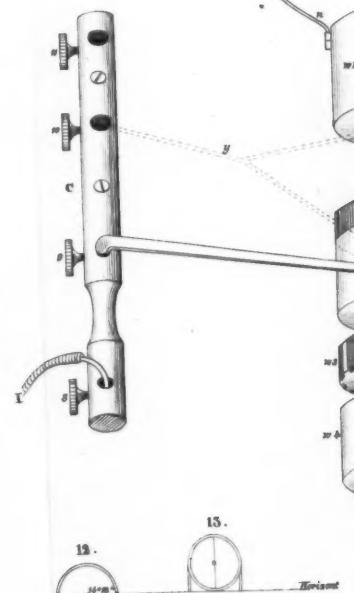
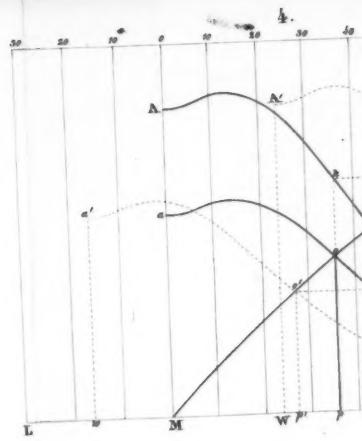
Taf. I.

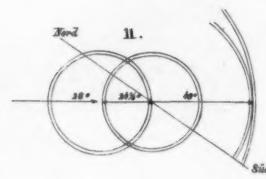
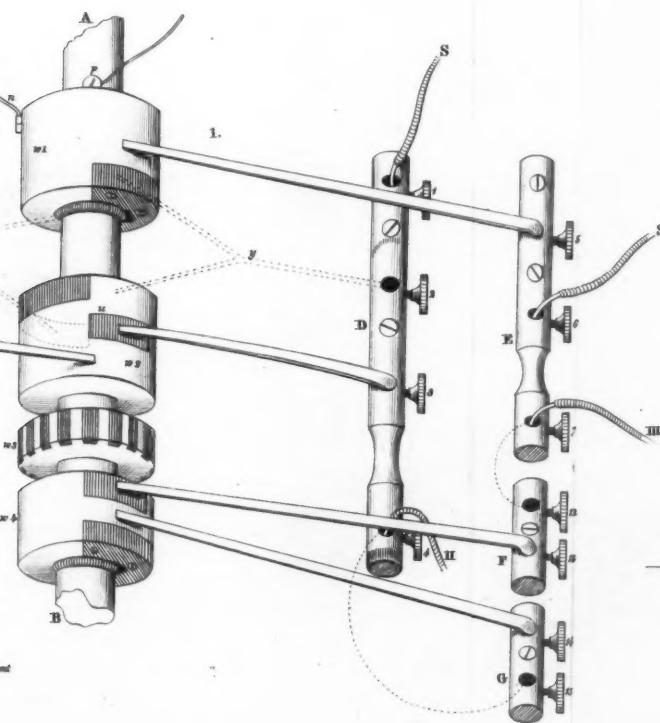
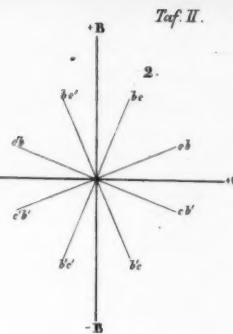
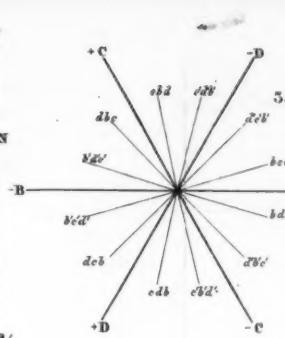
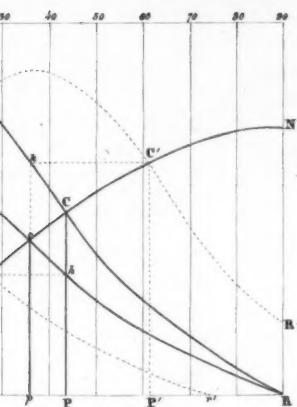


11.



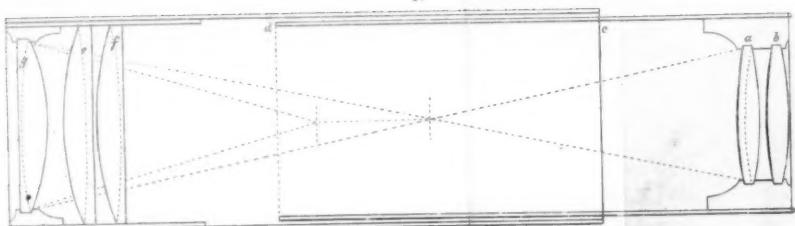
Guinand ex.





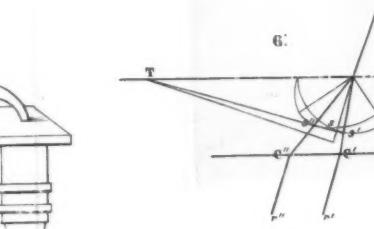
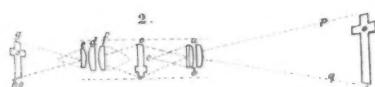
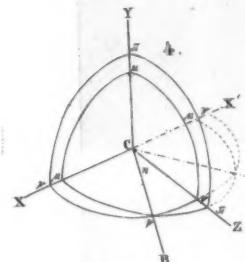
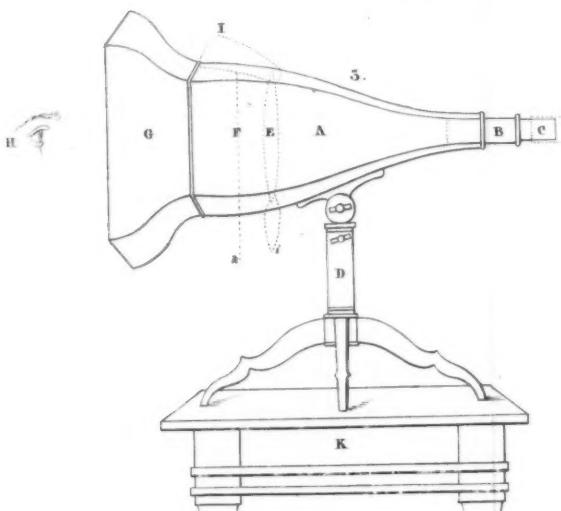
Taf. II

1.



Maßstab zu Fig. 1.

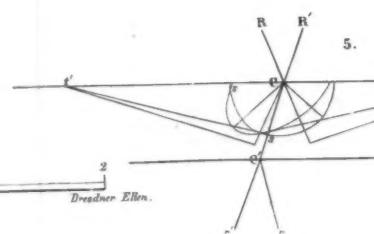
1 Zoll Dresden.

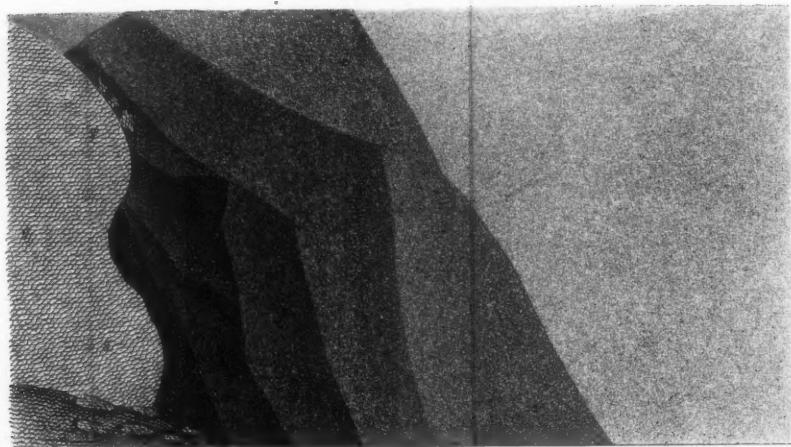


Maßstab zu Fig. 3.

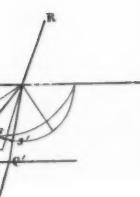
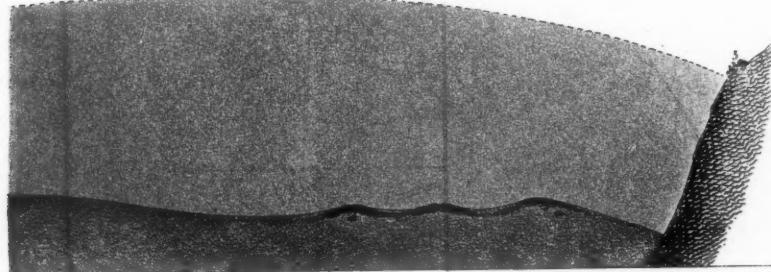
1 Zoll Dresden.

Gummid 3c.

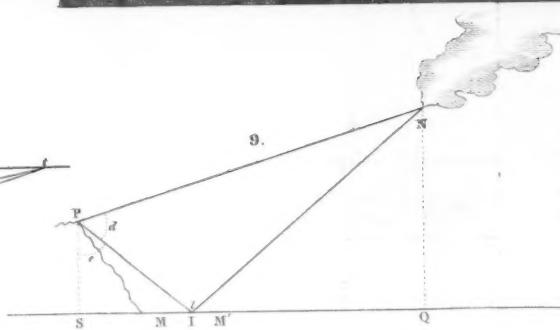




8.



5.



9.



10.